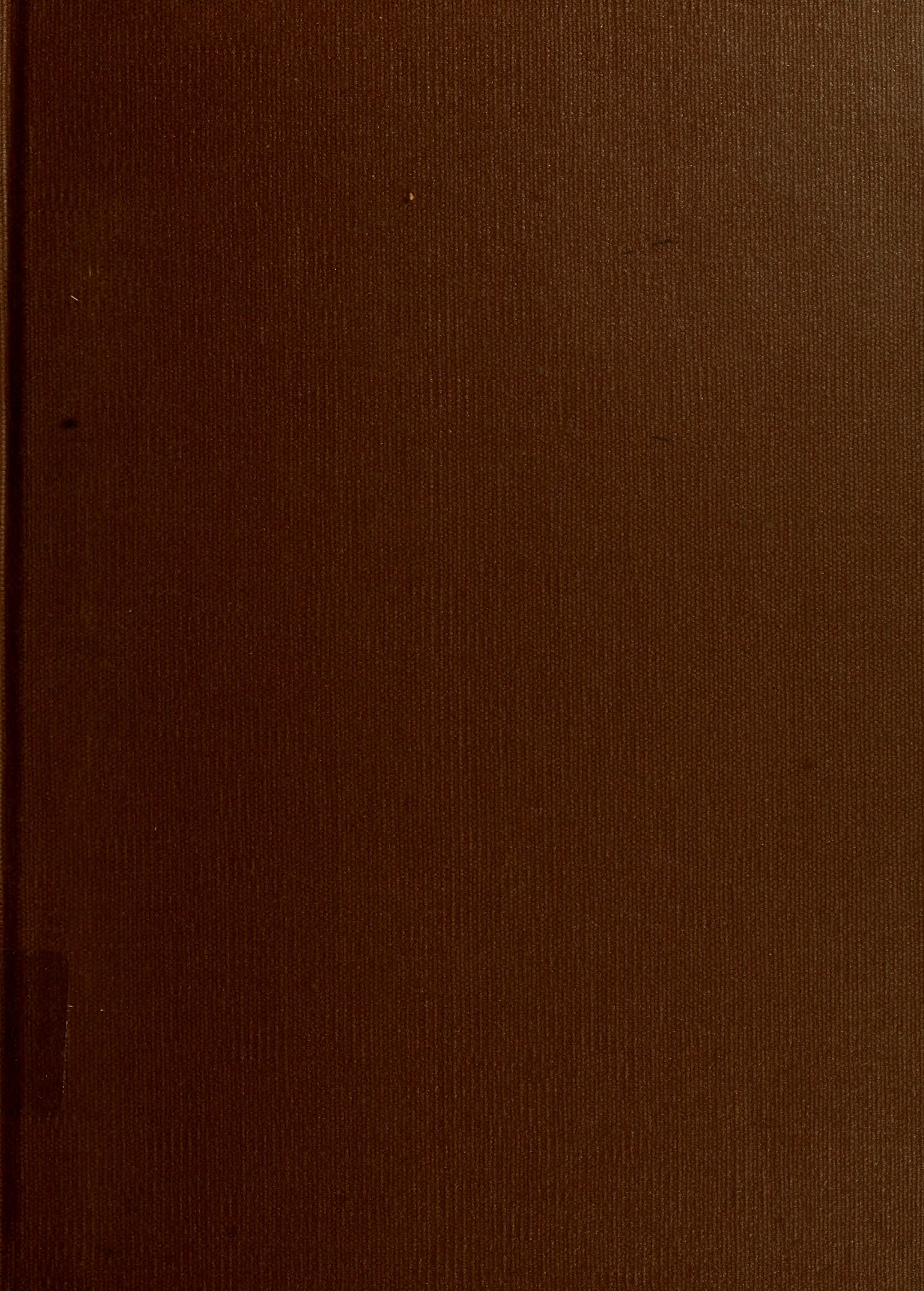
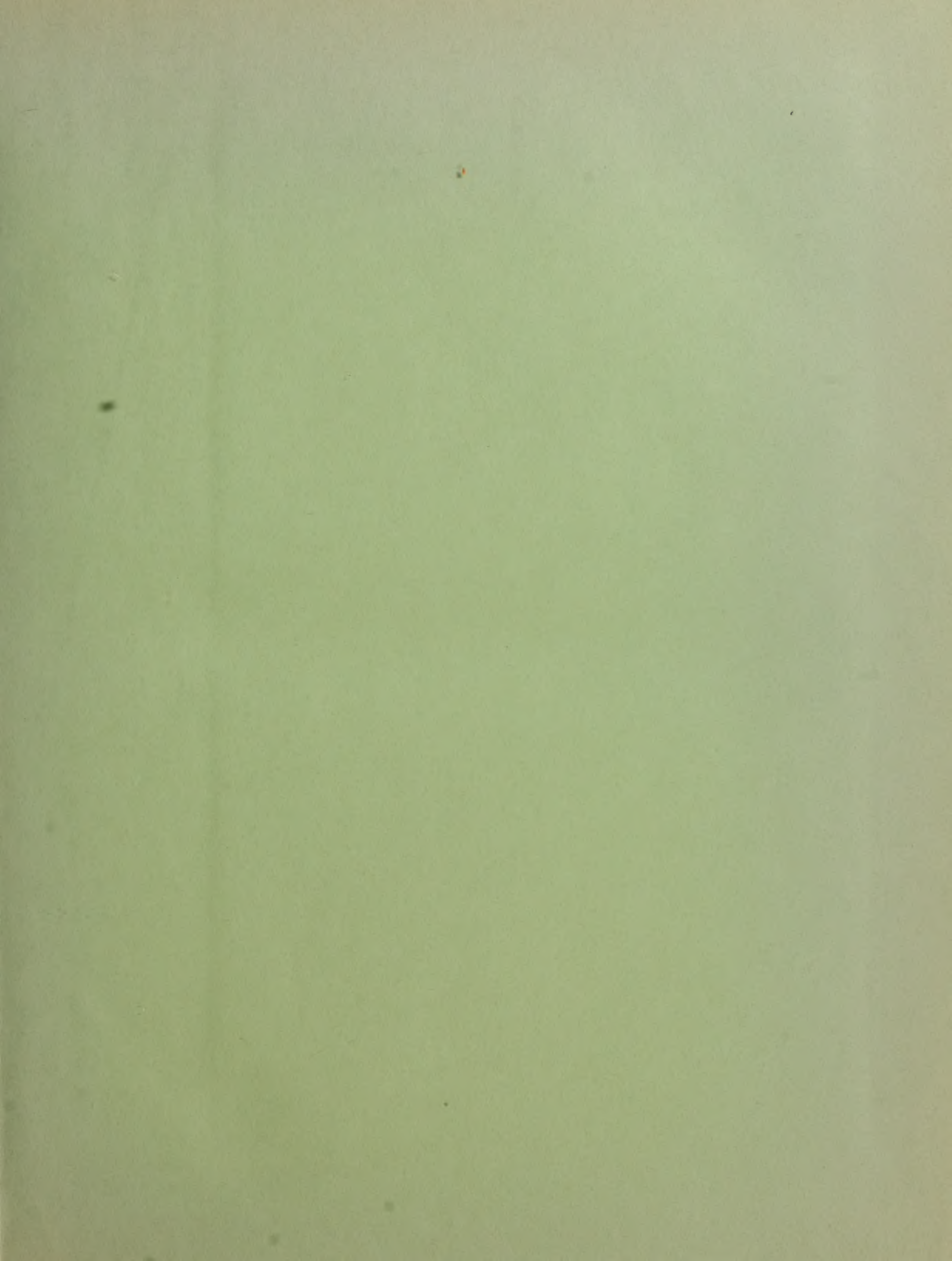








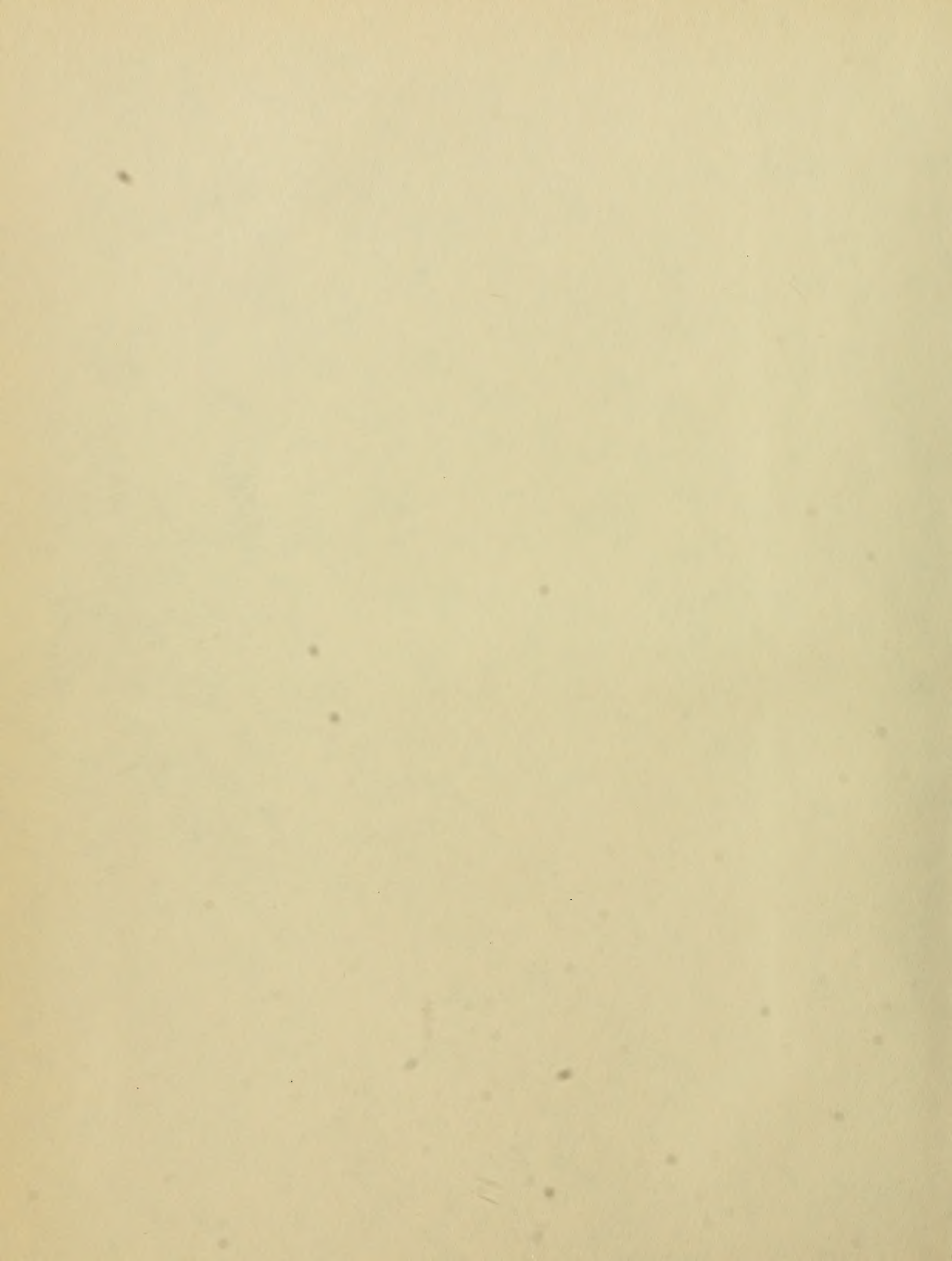
DENKSCHRIFTEN

KAISERLICHEN

AKADEMIE DER WISSENSCHAFTEN

MATHEMATISCH-NATURWISSENSCHAFTLICHE CLASSE

WIEN.



DENKSCHRIFTEN

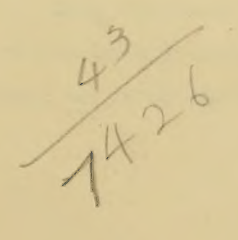
DER

KAISERLICHEN

AKADEMIE DER WISSENSCHAFTEN.

MATHEMATISCH-NATURWISSENSCHAFTLICHE CLASSE.

SECHSUNDDREISSIGSTER BAND.







Der 35. Band der Denkschriften wird später ausgegeben.

WIEN.

AUS DER KAISERLICH-KÖNIGLICHEN HOF- UND STAATSDRUCKEREI.

1876.

INHALT.

Erste Abtheilung.

Abhandlungen von Mitgliedern der Akademie.

Zweite Abtheilung.

Abhandlungen von Nicht-Mitgliedern.

Erste Abtheilung.

Abhandlungen von Mitgliedern der Akademie.

Mit 9 Tafeln.

ÜBER

DAS GEFÄSSSYSTEM DER RÖHRENKNOCHEN,

MIT BEITRÄGEN ZUR KENNTNISS

DES BAUES UND DER ENTWICKLUNG DES KNOCHENGEWEBES.

VON

PROF. **KARL LANGER,**

WIRKLICHEM MITGLIEDE DER KAISERLICHEN AKADEMIE DER WISSENSCHAFTEN

(Mit 6 Tafeln.)

VORGELEGT IN DER SITZUNG DER MATHEMATISCH-NATURWISSENSCHAFTLICHEN CLASSE AM 15. JULI 1875

So sehr Bau, Entwicklung und Wachsthum der Knochen die Aufmerksamkeit der Anatomen in Anspruch nahmen und sie noch immer beschäftigen, so sind doch seit den Publicationen von Breschet nur vereinzelte Mittheilungen über die Gefässe derselben erfolgt. Seit längerer Zeit mit hierauf bezüglichen Untersuchungen beschäftigt, habe ich doch erst in diesem Jahre die nöthige Musse gefunden, um wenigstens einen Theil der beabsichtigten Monographie zum Abschluss zu bringen.

Zum Gegenstande der vorliegenden Abhandlung wählte ich die Gefässe der Röhrenknochen. Obgleich die Angaben zunächst nur das Femur und die Tibia betreffen, weil jene zwei Knochen für diese Untersuchung am leichtesten zugänglich sind, so werden sie doch auch allgemeine Beziehungen gestatten; überhaupt scheint es mir, dass namentlich die Darstellung der Veränderungen, welche im Gange der Entwicklung an dem sich bildenden Knochen zur Ansicht gelangen, an Übersichtlichkeit gewinnt, wenn der Untersuchung stets dasselbe Object zu Grunde gelegt wird.

Ich glaubte ausser den feineren Verhältnissen auch die makroskopischen berücksichtigen zu sollen, weil meines Wissens bisher nur wenig hierüber bekannt geworden ist, insbesondere nicht über die Venen. Doch habe ich von einer systematischen Beschreibung der Astfolge derselben abgesehen, und nur die typischen Verhältnisse ihrer Anlage hervorgehoben. Details über die Astfolge der Periost-Arterien, wären bei Barkow [1] einzusehen.

Bei der Untersuchung der feineren Verhältnisse der Gefässe habe ich auch das Histologische, sowohl am fertigen, wie auch am wachsenden Knochen ins Auge gefasst, und glaube auch nach dieser Richtung auf manches Neue oder weniger Beachtetes aufmerksam machen zu können.

[1] Comparative Morphologie, 6. Theil, Breslau, 1868.

Es sei mir noch gestattet, einleitend einen kleinen Beitrag zur Geschichte der Anschauungen über den Verknöcherungsprocess und das Wachsthum der Knochen anzuschliessen. Es hat nämlich G. Prochaska in einer 1810 in Wien gedruckten Brochure[1] Anschauungen über diese Processe mitgetheilt, welche mit den heutigen fast vollständig übereinstimmen. Da diese Brochure nur wenig verbreitet und daher kaum allgemein bekannt geworden ist, so dürfte die wörtliche Mittheilung der betreffenden Stellen nicht ohne Interesse sein. Dieser ausgezeichnete Mann äussert sich über den Verknöcherungsprocess (pag. 103) folgendermassen:

„Das Ernährungsgeschäft geht auch dahin, dass es ganze Organe, welche eine Zeitlang nützlich waren, bei anderen eintretenden Umständen vernichtet, und sie mit neuen und zweckmässigen ersetzt. Wir sehen dieses an den Knorpeln, welche bei Kindern die Stelle der Knochen eine Zeitlang vertreten, und, um den Wuchs der Knochen zu begünstigen, nothwendig sind. Diese Knorpel verknöchern sich zu verschiedener, doch aber für einen jeden Knochen zu bestimmter Zeit, so dass die, an den langröhrigen Knochen befindlichen Knorpeln erst im zwei- bis vierundzwanzigsten Jahre ganz verknöchert werden. Diese Verknöcherung geschieht nicht durch eine Verhärtung oder Verwandlung des Knorpels in den Knochen, sondern der Knorpel wird von dem, in seinem Schoosse entstandenen und genährten Knochen verdrängt und vernichtet. Es entstehen nämlich seiner Zeit in dem Knorpel einige Blutgefässe, welche sich meistens aus dem angränzenden Knochentheil dahin zu verlängern scheinen, und mit den Gefässen erscheinen auch schon die ersten Ossificationspunkte, welche nach und nach einen knochigen Kern bilden. In dem Verhältnisse, als dieser Kern zunimmt, und sich seiner bestimmten Grösse und Form nähert, in demselben wird der, ihn umgebende, Knorpel immer dünner, bekommt dann Löcher, wo der neue Knochen schon zum Vorschein kommt und verschwindet endlich ganz; der an den Körper der Knochen angränzende Theil des Knorpels scheint etwas später sich zu verlieren. Das Verschwinden dieser Knorpel ist allerdings zum Theil eine Wirkung der Lymphgefässe, nicht aber, als ob jene von diesen aufgezehrt würden; sondern es scheinen die Knorpeln als todte Theile aufgelöst, und dann absorbirt zu werden, sowie auch das, ins Zellengewebe ausgetretene Blut aufgelöst und eingesogen wird."

Anlangend die Wachsthumsverhältnisse junger Knochen finde ich (p. 111) folgende Stelle:

„Vergleicht man den inneren Bau der langen Kinderknochen mit denselben eines Erwachsenen, so findet man einen Unterschied sowohl an der Zahl als an der Lage und Richtung der Knochenblättchen und Fasern, es haben auch die Kinderknochen beinahe keine Höhle. Wenn die Knochen nur durch Einschiebung neuer Elemente wüchsen, so müsste die nemliche Proportion und die nemliche Beschaffenheit des innern Baues bleiben; es kann folglich die Verschiedenheit, die man in erwähnten Knochen findet, nicht anderst hervorkommen, als dass die Natur bei der Ernährung und bei dem Wachsthum der Organe, sowohl den gegenwärtigen als künftigen Nutzen derselben berücksichtigend, den alten Bau unvermerkt zerstört, und einen neuen dabei anlegt, sowie ein Baumeister, der aus einem alten Haus ein neues bauet, die Mauern, welche seinem Plane nicht gemäss sind, niederreisset, und die andern beibehält und benützt."

In Betreff der Veränderungen, welche der Knochen in höherem Alter erleidet, sagt Prochaska Folgendes:

„Der Unterkiefer an einem vollkommen ausgewachsenen Manne hat eine Breite von zwei starken Querfingern, ist dick, umfasst die ganzen Wurzeln der Zähne; der Unterkiefer eines Greises hat hingegen kaum die Stärke eines kleinen Fingers, die Zahnfurchen sind verschwunden, so dass kein Zahn mehr darin Platz findet; er hat wohl dann zwei Drittheile an Gewicht verloren, die schwammigte Substanz ist verschwunden, die compacte vermindert, und was davon übrig geblieben war, ist näher aneinander gerückt und zum Theil durchsichtig geworden. Diese Veränderung kann nicht erfolgen blos durch einen grösseren Abgang und kleineren Ersatz des phosphorsauren Kalkes: dadurch würde der Knochen nur lockerer und leichter werden; wir sehen aber eine grosse Veränderung sowohl an der Form als an dem inneren Bau, es sind alle Fasern und Blättchen aus ihrer vormaligen Lage verrückt und in eine neue gebracht, welches in dem rigiden Bau der Knochen und bei dem beständig nothwendigen Wechsel des phosphorsauren Kalkes nicht anders geschehen kann, als dass allmälig die vormaligen Fasern und Blättchen zerstört und dabei neue in anderer Lage und Richtung angelegt werden."

[1] Bemerkungen über den Organismus des menschlichen Körpers und über die denselben betreffenden arteriösen und venösen Haargefässe, nebst der darauf gegründeten Theorie von der Ernährung.

A. Die grösseren zu- und ableitenden Gefässe.

Ich beginne mit den Arterien, welche immerhin die ganze Anlage bestimmen und daher auch erläutern, und fasse die Darlegung ihrer Verhältnisse in folgende Punkte zusammen:

1. Der Schaft langröhriger Knochen bekommt seine grösseren Arterienzweige immer von Punkten her, welche in die Ansatzlinien von Muskeln, insbesondere von Aponeurosen und Fascien fallen. Am Oberschenkel kommen daher diese Gefässe nur von der *Linea aspera* heran und von ihren nach oben gegen die Trochanteren und nach unten gegen die Epicondylen abgehenden Abzweigungen; an der Tibia sowohl von der Ansatzlinie der tiefen *Fascia cruris* als auch von der *Membrana interossea.*

Die Gefässe bilden dann Reife, deren Schenkel von beiden Seiten kommend den Schaft umgreifen. Am Femur gibt es ungefähr 6—7 solcher Reife, deren unterster aber schon aus Abkömmlingen der oberen Kniegelenksarterien sich bildet. Ausser diesen Quergefässen treten auch von den Enden sowohl am Femur als auch an der Tibia Längszweige hinzu, welche mit den Ringarterien anastomosiren, so dass durch das Zusammentreten aller dieser Stämmchen und ihrer Vertheilungen ein lockeres, unregelmässiges periostales Netz zu Stande kommt, welches beiderseits bis in die sogenannten *Retia articularia* sich fortspinnt.

Bemerkenswerth sind noch die Anastomosenketten, welche am Femur längs dem Ansatze der Adductoren, an der Tibia längs den Kanten, insbesondere eine an der medialen Kante sich hinziehen, und alle Quergefässe schon in den Stämmchen verketten. Diese *Arteriae lineae asperae*, wie sie Barkow nennt, besorgen die bekannten, doch nicht immer constanten zwei *Arteriae nutritiae femoris.* Auch die *Nutritia tibiae* steht mit einer an der lateralen, hinteren Kante des Schaftes herablaufenden Anastomosenkette in Verbindung.

2. Die Gefässe der Gelenkenden sind ganz im Sinne des Gelenkmechanismus angeordnet; indem nämlich die bereits am Knochen fixirten Stämmchen ihre Astfolge theils in die Radien, theils in die Peripherie der Bewegung verlegen. Es ist dieses besonders deutlich an den convexen Gelenkkörpern, so namentlich an den Condylen des Femur zu sehen, welche zum Beweise für das Gesagte als sehr instructives Paradigma dienen können. Siehe Fig. 1 und 4. Für die oberen Kniegelenkarterien bilden fast geradezu die Epicondylen die Ausgangspunkte, wie ja auch die *Vena saphena magna* dicht am Epicondyl, einem der Fixpunkte des Kniegelenks zum Oberschenkel aufsteigt; und wie diese Vene ihre Hautzweige am Knie quer weg ober und unter der Patella her bezieht, so sind wieder die von den oberen Kniegelenkarterien an der Streckseite zur Oberfläche, namentlich die zur Patella abgehenden Zweige gerade an jene Theile der fibrösen Kniegelenkkapsel angeschlossen, deren Fasern die Patella mit den Epicondylen verbinden und mitunter als Seitenbänder der Kniescheibe bezeichnet werden. Andere Zweige, welche über das ganze Kniegelenk hinweg gehen und mit Zweigen der unteren Kniegelenkarterien sich verbinden, schmiegen sich wieder an die *Ligamenta lateralia* genau an, oder begleiten von der Patella an, um welche herum innerlich ein Gefässkranz gelegt ist, das Endstück der Strecksehne, nämlich das sogenannte *Ligamentum patellare.*

Selbst die tiefen, den unteren Endstücken des Femur zukommenden Gefässe sind an den Seitenflächen der Condylen radiär hingelegt, mit einem nahe an den Epicondyl hinfallenden Centrum. Bemerkenswerth ist gleichfalls seiner Lage wegen ein beiderseits aus dieser Astfolge heraustretender Zweig, welcher gedeckt von dem Lateralbande und bogenförmig den Epicondyl umgreifend längs des Randes der Condylusfläche nach hinten verläuft. Ein ähnliches an die Peripherie verlegtes Gefässchen, doch etwas feiner, umgreift die Ansatzlinie eines jeden Kreuzbandes. Ist doch auch die laterale untere Kniegelenkarterie, welche ihre Zweige zu den im Wechsel der Bewegung einer grösseren Spannung ausgesetzten Theilen der Kapsel

absendet, in den Meniscus fest eingegraben, an den sie gerade im Knickungswinkel des Gelenkes und dicht an seinem hinteren Ligament herantritt, so dass sie auch vor den eigenen umfangreicheren Verschiebungen des Meniscus geschützt ist. Eine ähnliche Vorkehrung ist selbst an der hinteren, mittleren Kniearterie nicht zu verkennen, da sie die Zweige, welche an die vordere Fläche der Kreuzbänder gelangen, gerade zu dem Überkreuzungspunkte dieser Bänder hinschickt, der dadurch zum Radiationspunkte dieser Astfolge wird.

3. In so lange die Epiphysenfugen noch nicht verstrichen sind, bilden die losen Endstücke der Röhrenknochen eigene, wenn auch nicht immer vollständig von denen der Diaphysen abgeschiedene Gefässbezirke, so dass sich die Astfolge insbesondere der oberen, hauptsächlich dem Femur zugewiesenen Kniegelenkarterien nach vierfacher Ordnung gliedern lassen:

a) In die bereits erwähnten oberflächlichen Zweige der fibrösen Ausbreitungen der Patella und der vorderen Kapselwand;

b) Zweige für das untere Ende der Diaphyse;

c) Zweige für die beiden Condylen, nämlich die Epiphyse, endlich

d) Zweige für die Synovialis.

Alle zusammen bilden eine gemeinschaftliche Astfolge des untersten Arterienreifes, sind mit Ausnahme der erstgenannten allenthalben eng an den Knochen angeschlossen, und stellen indem die einzelnen Äste sich dichotomisch verzweigen, dabei verjüngen und unter einander anastomosiren, das sogenannte *Rete articulare* dar, welches aber keineswegs so schematisch aufzufassen ist, wie es mitunter gezeichnet wird; indem sich bei genauerer Untersuchung an demselben eine regelmässige Anordnung und fast die gleichen Verhältnisse ergeben, wie an dem Arterienfächer des Dünndarms; nur mit dem Unterschiede, dass die meisten der radiären namentlich an den Seitenflächen gegen den Gelenkrand ziehenden Zweige nach und nach zuerst Diaphysen-, dann Epiphysen und endlich Synovialgefässchen besorgen; darauf beruht eben die Verjüngung derselben und auf den anastomostischen Bögen zwischen ihnen die Bildung des Netzes (Fig. 1). Dass ausser diesen grösseren Zweigen, welche ins Innere der Knochen durch discrete grössere, aber ihrer Gruppirung nach meistens variable Öffnungen eindringen, auch feinere Periostzweige abgeben werden, ist geradezu selbstverständlich.

4. Die Anlage dieser Astfolge am unteren Ende des Femur ist zwar bei Jung und Alt dieselbe; dennoch ist aber an ihr eine gewisse Altersverschiedenheit nicht zu verkennen, insoferne nämlich als die von dem letzten Gefässreif abgehende Astfolge mit der Ausbildung des Epiphysenkernes sich immer mehr vervielfältigt und ihre Zweige an Caliber zunehmen. Beim ersten Anblick hat es auch den Anschein, als ob der Gefässreif beim Neugebornen näher an der Gelenkfläche läge, als beim Erwachsenen; doch ergab sich aus dem Vergleiche direct abgenommener Maasse, dass der Abstand des Gefässes vom unteren Ende des Condyls um ebenso viel zugenommen habe, als die Länge des ganzen Knochens. Die Täuschung scheint offenbar nur dadurch veranlasst zu sein, dass beim Neugebornen das ganze untere Ende des Knochens, den Schaft mit inbegriffen, relativ dicker ist als beim Erwachsenen. Das Gefäss umgreift übrigens beim Neugebornen den Knochen gerade an der Stelle, wo sich die Verknöcherung der Diaphyse begränzt. Fig. 2.

5. Kleinere Arterien dringen zwar im ganzen Umkreise in das Knochengewebe ein, es sind dies die als periostale Gefässe bezeichneten, was aber die grösseren betrifft, so sind deren Eingangspunkte, wenn auch bald grösser, bald kleiner und variirend gruppirt, doch nur auf bestimmte Flächenstücke beschränkt. Nach Durchsicht einer grösseren Anzahl theils injicirter, theils nicht injicirter *Femora* glaube ich sagen zu können, dass die grösseren Gefässe der beiden Theilstücke zumeist im Umkreise der noch vorhandenen oder bestandenen Epiphysenfuge eintreten, beziehungsweise auch die Venen austreten. Das untere Diaphysenende nimmt sie hauptsächlich vorne, ober der Patellarfläche auf, da die von hinten eindringenden in der Regel kleiner sind und sich als solche schon mehr an die Periostalgefässe anreihen; an den Seitenflächen des Diaphysenendes habe ich nie grössere Gefässlücken angetroffen. Auch die Epiphyse nimmt mehrere grössere Arterien auf, und entlässt Venen vorne ober der Patellarfläche, die meisten aber an den äusseren Seitenflächen beider

Condylen und zwar durch zahlreiche Lücken, welche mitunter erst in tieferen Furchen, Einlagerungsrinnen der Venen, wahrzunehmen sind.

Ein dritter Ort für grössere Gefässöffnungen der Epiphyse ist constant die *Incisura intercondyloidea*, zwischen den oberen Ansätzen der beiden Kreuzbänder, also wieder ganz nahe an der Epiphysenfuge und fast in der Flexionsaxe des Gelenkes. Diese letzteren Gefässöffnungen entsprechen den Zweigen der *Arteria* und *Vena articularis genu media*. Fig. 3, 5.

Alle diese grösseren Öffnungen führen in Canälchen, die man ohne weiteres als *Canaliculi nutritii accessorii* bezeichnen kann. Die Epiphysencanäle gehen an den Seitenflächen senkrecht durch die Begränzungslamelle in die Spongiosa ein, die vorderen aber in etwas absteigender, die hinteren aus der Incisur kommenden in mässig aufsteigender Richtung; unter jenen der Diaphyse, gibt es oft genug einige, und zwar die am meisten nach oben beginnenden, welche sehr steil aufsteigen und einen manchmal fast zwei Zoll langen, in die Compacta eingegrabenen Canal darstellen.

Mir scheint diese Verlaufsweise der Gefässcanälchen mit Bezug auf das Knochenwachsthum von Interesse zu sein. Ich habe vorhin gezeigt, dass der unterste Gefässreif seinen Platz kaum, jedenfalls nicht auffallend wechselt; es ist daher klar, dass sich die von ihm aus in den Knochen eindringenden Gefässe in dem Maasse strecken müssen, in welchem die Diaphyse innerhalb der Verknöcherungslinie stetig an Länge gewinnt und dass ein Canal zu Stande kommen muss, der sich nach oben aufsteigend immer tiefer in die compacte Rinde einsenkt. Damit im Zusammenhange nehmen die etwas weiter unten eintretenden Canälchen einen weniger steilen, mehr schiefen Verlauf an, gelangen also früher in die Spongiosa, und die noch weiter unten, allerdings nicht weit davon anliegenden Öffnungen führen endlich direct ins Innere hinein.

Der Umstand, dass solche längere in die Compacta eingegrabenen Canäle nicht immer vorhanden sind, lässt sich daraus erklären, dass die Gefässe dann direct in die Spongiosa eingehen und erst in dieser ihren senkreckt oder schief aufsteigenden Verlauf durchmachen.

Es versteht sich von selbst, dass die hier bezüglich des Femur besprochenen Details auf die Verhältnisse anderer Knochen nur insoferne übertragen werden können, als sich auch an diesen die Concentrirung der accessorischen grösseren Ernährungsgefässe um die Epiphysenfugen und die äusseren Flächen der Gelenkkörper, dann die Scheidung derselben in Diaphysen- und Epiphysengefässe und deren nach dem Mechanismus der Gelenke modificirte Anlage nachweisen lassen dürfte.

So wenig Schwierigkeiten die Darstellung der grösseren Arterien bei Jung und Alt darbietet, so schwierig ist es den Venen beizukommen; es sind mir auch in der Literatur über die ableitenden grösseren (äusseren) Venen langröhriger Knochen keine weiter gehenden Angaben bekannt, als die sind, welche sich aus der Betrachtung frischer blutüberfüllter Knochen ergeben. Man kann sich diese Venen auch leicht dadurch zur Ansicht bringen, dass man die nachgiebigen Knochenenden mit grösseren, breiten Zangen oder am Querschnitte das Mark drückt, und dadurch das Blut von innen heraus in die äusseren Venen presst. Ich habe nur eine einzige Abbildung der Venen der Schenkelcondylen aufgefunden und zwar bei Mascagni [1], der aber über die Darstellungsmethode derselben Nichts angibt; wahrscheinlich hat er dieselben von den Arterien aus gefüllt.

Den Knochenvenen direct beizukommen und ihre Stämmchen anzufüllen, ist mir bisher nur an den periostalen Venen des Schienbeins von der *Vena saphena magna*, und dies auch nur theilweise, dann an der *Vena nutritia tibiae*, hier allerdings vollkommen gelungen; da dieses Verfahren nicht ausreichte, um die ganze Suite der aus einem Knochen austretenden Venen bleibend zur Ansicht zu bringen, versuchte ich es, gestützt auf die Erfahrungen Hoyer's [2] mit Injectionen in die Spongiosa durch Anbohrung der Endstücke, und als die

[1] Prodromo della grande anatomia. Florenz 1819, Tab. 8, Fig. 14 et 15.

[2] Centralblatt f. d. med. Wissenschaften 1869, Nr. 17.

Versuche mit löslichem Berlinerblau vollständig gelungen waren, benützte ich auch Harzmassen welche mittelst in den Knochen eingeschraubten Canüllen injicirt wurden. Auf diese Weise gelang es mir, etliche ganz instructive Präparate über die äusseren Venen zu gewinnen und bei richtiger Placirung des Bohrloches nach und nach alle ausführenden Venen und deren Zusammenhang mit den Stämmen darzustellen.

Ich muss auch da wieder von einer detaillirten Beschreibung der Präparate absehen, und beschränke mich auf die Schilderung der allgemeinen Verhältnisse, die ich wieder in den folgenden Punkten zusammenfasse.

1. Alle die an der äusseren Oberfläche der Knochen (Femur und Tibia dienen auch hier wieder als Paradigma) bemerkbaren Öffnungen, gross und klein, werden auch von den austretenden Venen zum Durchgange benützt, woraus sich ergibt, dass im Querschnitte einer jeden Öffnung je eine Arterie und mindestens eine Vene, wenn nicht zwei enthalten sind. In der Regel aber treten die Venen einzeln aus dem Knochen heraus, und erst aussen, wo sie sich zu grösseren Ästchen und Stämmchen sammeln, gruppiren sie sich paarweise um die entsprechende Arterie, so dass diese dann zwischen zwei Venen zu liegen kommt, die sich zu einander in der gewöhnlichen Weise verhalten. In den Fettlappen des Kniegelenkes traf ich stets an der Seite der Arterie nur eine einfache Vene. Fig. 3 und 4.

2. Aus dem engeren Anschlusse der Venen an die Arterie ergibt sich, dass dieselben sowohl mit Beziehung auf den Bewegungsmechanismus, als auch in Betreff der Scheidung in Diaphysen- und Epiphysenvenen unter den gleichen Verhältnissen angeordnet sind, wie die Arterien; sie verfolgen daher rückläufig zu ihren Stämmchen dieselben Wege wie die Arterien; doch gibt die Tibia und theilweise auch das Kniegelenk an den Orten, wo an sie die *Vena saphena magna* herantritt Venenstämmchen unmittelbar an diese ab, weshalb mitunter die theilweise Injection der Tibia von der Saphena aus gelingen kann.

Bemerkenswerth scheint mir noch die Astfolge der inneren Kniegelenkvenen; es sind dies jene, welche der Astfolge der *Arteria impar* entsprechen. Wenn die Knochen nur einigermassen mit Blut gefüllt sind, kann man nach Abtragung der Kapsel sowohl in der *Incisura intercondyloidea* oben, als auch vorne an den Kreuzbändern grössere Venen wahrnehmen, welche sich an dem Überkreuzungspunkte der beiden Bänder in zwei Stämmchen vereinigen. Da ein Theil dieser Venen aus dem Femur stammt, ein anderer aus der Tibia im Umkreise des Ansatzes der Kreuzbänder, durch die daselbst befindlichen, allerdings bald grösseren, bald kleineren Öffnungen hervorgeht, so bildet die *Vena articularis impar* einen gemeinsamen ganz eminenten Abzugscanal für das venöse Blut beider Knochen, während die entsprechende nur aus sehr feinen Zweigchen bestehende Arterienramification kaum als eine der Art gemeinsame zu betrachten sein dürfte. Wohl bekommt, wie schon erwähnt, das Femur daraus innerhalb der Incisur grössere Zweige, den Rest aber bilden nur feine Gefässchen, welche sich in den verhältnissmässig blutarmen Kreuzbändern, zum Theil auch im *Ligamentum mucosum* bis an die Tibia und in dem Fettgewebe vertheilen und nur sehr feine Anastomosen vermitteln. Durch die Öffnungen zwischen den Gelenkflächen der Tibia gehen wohl auch Arterien in den Knochen ein, doch konnte ich sie bei grösserem Caliber leichter zu den unteren Kniegelenkarterien hin verfolgen als nach oben hin. Dass auch Anastomosen der *Vena impar* sowohl an der Tibia, als auch durch das *Ligamentum mucosum* mit den unteren Kniegelenkvenen und den Venen der Fettlappen bestehen, ist selbstverständlich. Fig. 5 und 6.

3. Die Knochenvenen sind wie alle anderen zahlreicher, beträchtlich grösser und viel dünnwandiger als die Arterien, ausserdem zeichnen sie sich durch die Anwesenheit von Klappen aus. Dass diese letzteren auch an anderen Knochenvenen, namentlich an den Knochen der oberen Extremität vorkommen, kann ich nur vermuthen, da ich darüber keine eingehenden Untersuchungen vorgenommen habe; an den Venen des Kniegelenkes aber fand ich sie constant. Sie finden sich schon ganz nahe an den Austrittsöffnungen und meistens so zahlreich, dass die prall injicirten Gefässe mitunter geradezu ein rosenkranzartiges Aussehen bekommen. Kaum zu übersehen sind sie an jenen Venen, welche sich an die *Ligamenta cruciata* anschliessen und zur Astfolge der *Vena impar* gehören.

4. Es liegt sehr nahe, diese Einrichtung an den Venen mit Eigenthümlichkeiten des Blutkreislaufes in den Knochen in nahe Verbindung zu bringen.

Vorerst ist es klar, dass die Gefässe der Knochen, welche in einem unnachgiebigen, dem äusseren Muskeldrucke wiederstehenden Aufbau eingetragen sind, und weil jeder Rücktritt des Blutes durch die an den Ausgängen angebrachten Klappen verhindert ist, in sich einen eigenen Gefässbezirk darstellen, auf dem nur der Arteriendruck lastet, ein Druck, welcher schon in den engen Röhrchen der kleinsten Arterie herabgesetzt wird, im Bereiche der Venen aber vollends auf ein Minimum sinken muss. Wie sich zum Theile hieraus die äusserste Dünnwandigkeit der Venen begreift, erklärt sich andererseits, wie es möglich ist, dass der Blutlauf innerhalb des so überaus nachgiebigen und zarten Markgewebes ohne jede Störung, namentlich Extravasation vor sich gehen könne. Es ist auch die Annahme gewiss nicht unbegründet, dass der Blutlauf in dem venösen Kreislaufschenkel ein äusserst retardirter sei, und dass andere äussere Einflüsse eingreifen werden, denselben zu fördern. Es wird dies gerade am Kniegelenk sehr einsichtlich, von dem ja bekannt ist, dass sich seine Capacität während der Bewegungen stetig ändert, zur Streckung vermindert, zur Beugung vergrössert, und dass somit im letzteren Falle das Blut aus den Knochen in die inneren, an die Kreuzbänder angeschlossenen Venen geradezu eingesogen werde. Das Gleiche kann wohl auch für die anderen Venen gelten, deren Stämmchen sich ja in die Knickehle öffnen, einen Raum, der gleichfalls wieder während der Beugebewegung des Gelenkes, nämlich durch das Abheben der nahe an den Gelenkflächen angehefteten Beugemuskeln sich vertieft. Während also sonst die Musculatur auf die intermusculär verlaufenden Venen drückt, und dadurch in ihnen den Blutlauf fördert, würde hier durch die Zusammenziehung der Muskeln geradezu eine Pumpvorrichtung in Thätigkeit gesetzt.

B. Gefässe des Periost und der compacten Rindensubstanz.

Gleich wie sich an dem Periost des Erwachsenen histologisch zwei verschiedene Lagen unterscheiden lassen, so lässt sich dasselbe auch bezüglich der Gefässvertheilung in zwei Schichten zerlegen. Die äussere ist an Gefässen reicher; sie enthält die kleinen Arterien und Venen, welche, im Falle Fleischbündel am Perioste haften mit den Gefässen dieser anastomosiren, aber auch eigene Capillaren, weshalb man oft genug, wenn die Injection durch Arterien und Venen ausgeführt wurde, Übergangsgefässe wahrnehmen kann, in welchen sich beide Farbstoffe mengen. Doch gehören nicht alle Capillaren dem eigenen Gewebe an, sondern auch den Einlagerungen, dem Fette und den Nerven.

Die Anordnung der Gefässe entspricht jener in fibrösen Membranen, insbesondere jener in lockerer gewebten bindegewebigen Hüllen, wie man solche beispielsweise auf grösseren Sehnen, z. B. der Achillessehne findet. Die Arterien sind stets von paarigen Venen begleitet, an welche sich feine Nervenzweige aber auch Fettklümpchen anschliessen, so dass mit dem gemeinsamen Gefässstrang auch Bänder eines ganz zierlichen Capillarnetzes fortziehen. Die Richtung dieser auch untereinander wieder zusammenhängenden Gefässcomplexe ist je nach der Gestalt des Knochens und der Lage der Zu- und Abgangsstellen der Gefässe verschieden; in der Mitte der Röhren aber meistens eine quere.

An der muskelfreien Fläche der Tibia lässt sich noch eine dritte fibröse Lamelle darstellen, als ganz oberflächliche Schichte, gleichfalls reich an Gefässen, welche offenbar einer *Fascia superficialis* gleich zu halten ist, und die grösseren Venenzweige zur Saphena ableitet.

In der tiefen mit elastischen Fasern reichlich ausgestatteten Schichte liegen die Gefässe unmittelbar am Knochen und graben sich häufig genug in die Oberfläche desselben ein, so dass ihr Verlauf auch am macerirten Knochen in mehr oder weniger tief eingeschnittenen Längsfurchen erkennbar ist, die aber nur eine kürzere Strecke weit fortlaufen, um zwischen sich neue Furchen entstehen zu lassen. In diesen Furchen befinden sich bald dichter, bald weiter aus einander gerückte Öffnungen, welche in das Innere der compacten Substanz leiten. Bemerkenswerth scheint mir, dass diese Öffnungen in der oberen Hälfte des

Femur zumeist senkrecht eindringen, in der unteren Hälfte aber in zumeist schief aufsteigende Canälchen leiten.

Hat sich eine Röhre z. B. die des Femur bereits mit Grundlamellen umgeben, und damit auch das Periost als besondere Membran gegen den Knochen begrenzt, so sieht man an Querschnitten des Schaftes entsprechend den Längsfurchen Einbiegungen des Contours und in diese die Querschnitte der Gefässchen eingebettet. Es sind dies nie einzelne Gefässe, sondern immer mindestens ein Paar, wenn nicht ein ganzes Bündel von Röhren, darunter stets eine Vene und eine Arterie.

Während tangential abgelöste Lamellen dieser Periostschichte die Gefässe in Züge zahlreicher elastischer Faserbündel eingehüllt zeigen, sieht man an Querschnitten diese Fasern in netzartig zusammentretenden Linien doch so geordnet, dass die stärkeren Balken dieses Netzes an die Gefässrinnen herantreten und auf diese Weise die daselbst liegenden Gefässe umgreifen. An jüngeren und entsprechend behandelten Knochen findet sich dann noch unter dieser Periostlage, die äussere unfertige Knochenlamelle und das Gefässbündel umgebend die bekannte Schichte der sogenannten Osteoblasten.

Diese in unmittelbarster Nähe an die Oberfläche des Knochens sich anschliessenden Gefässe besorgen die aus dem Periost ins Innere der compacten Substanz, in die Haver'schen Canäle eindringenden Zweige. Es sind also nicht vereinzelte Arterien oder Venen, welche in ein Canälchen eintreten, sondern immer mindestens zwei Gefässe. Es ist mir einigemale gelungen, namentlich in den oberflächlichen Schichten der Tibia die zwei Gefässe mit verschiedenen Farbstoffen zu füllen, und so darzuthun, dass das eine Gefässchen der Ausläufer einer Vene, das andere einer Arterie ist. An Längs- und Querlamellen gut injicirter Knochen [1] lässt sich die der Anordnung der Haver'schen Canälchen entsprechende Netzformation leicht überblicken. Tangential abgenommene Längslamellen wiederholen in Betreff der Gefässanordnung das Bild der tiefen Gefässschichte des Periost.

An feinen Querschnitten überzeugt man sich alsbald, dass nur wenige Canälchen so enge sind, um nur ein Gefässchen zu fassen, zumeist sind zwei oder drei, in den grösseren aber auch mehr enthalten. Sind zwei beisammen, so ist stets das eine grösser, das andere kleiner; das grössere ist die Vene. Fig. 26.

Im Ganzen gewinnt man alsbald den Eindruck, dass in der compacten Substanz, nämlich in den Haver'schen Canälchen von mässigem Caliber nur wenige so feine Gefässe enthalten sind, die man als eigentliche Capillaren bezeichnen kann. Es gibt aber grössere Haver'sche Canäle, wie z. B. in der Tibia, nahe dem unteren Ende derselben, welche in mehr gerundeten Maschen zusammentreten und die man, wie mir scheint ganz allgemein für sinusartige Räume zur Aufnahme von Venenwurzeln grösseren Calibers ansicht. Diese finde ich von einem aus kleinen Gefässröhrchen bestehenden Maschenwerke durchzogen, wovon gewiss ein grosser Theil derselben unter die Capillaren zu zählen ist. Fig. 18.

Dass die Gefässe der compacten Substanz sowohl mit den periostalen als auch mit den Markgefässen communiciren, ist bekannt und lässt sich leicht an nur halbwegs gelungenen Injectionspräparaten darthun. Alle Gefässe zusammen bilden somit ein Ganzes, eine Formation, welche nach der Periostseite durch zahllose kleine und die besprochenen grösseren Stämme mit den allgemeinen Kreislaufsorganen zusammenhängt.

Anlangend die histologischen Verhältnisse habe ich vorerst über eine das compacte Knochengewebe betreffende Beobachtung zu berichten.

Als ich das Mittelstück der Tibia eines Mannes in einer mehr concentrirtern Salzsäure und durch mehrere Tage hindurch maceriren liess, lockerte sich das Gewebe der Art, dass die, jeden einzelnen Haver'schen Canal einschliessenden Lamellengruppen auseinander wichen und sich an einander wie gröbere Sehnenbündel ordneten. Jede einzelne dieser Lamellengruppen liess sich isoliren und liess in ihrem Inneren noch den

---

[1] Nach meiner Erfahrung dringt der Carminleim viel leichter ein, ergibt also gelungenere Injectionspräparate als das Berlinerblau; nur hat der Carminleim die Untugend, dass er, nachdem das Präparat aus der Salzsäure gehoben ist, nur zu leicht in Weingeist diffundirt, Um dies zu verhindern, legte ich die entkalkten und ausgewässerten Knochenstücke in concentrirte Kochsalzlösung, worin sich die Injectionspräparate durch lange Zeit intact erhalten.

Haver'schen Canal als einen glashellen, bandartigen Streifen erkennen, welcher nicht selten aus dem Ende ganz nackt hervortrat. Er liess sich sogar durch Druck auf das Deckgläschen aus den durch die Säure hinreichend macerirten Lamellen isolirt darstellen. Nachdem die Säure noch länger auf den Knochen eingewirkt und die Lamellen zu einer krümmlichen Masse zerlegt hatte, konnte ich diese glashellen, den Haver'schen Canälchen entsprechenden Bänder als feine verzweigte, mitunter sogar netzförmig zusammenhängende Fäden herausziehen. Fig. 27. In dem Detritus der Lamellen waren die isolirten Knochenkörperchen ohne weiteres zu erkennen.

Da das Object injicirt war und in diesen Fäden die Gefässe enthalten waren, so konnte ich nicht mehr daran zweifeln, dass sich die Haver'schen Canälchen gleich wie die Knochenkörperchen in ihrer vollen Gänze isoliren lassen, und zwar auf Grund einer eigenen Begrenzungsmembran, welche dem Einflusse der Säure länger widersteht, als all' die um jedes Canälchen geschichteten Knochenlamellen. Eine theilweise Isolirung der Haver'schen Canälchen ist auch schon Neumann gelungen [1].

Diese Grenzmembran ist ganz hyalin, so steif, dass man leicht das klaffende Lumen des Röhrchens daran beobachten kann, und so spröde, dass an den Abgangsstellen abgerissener Zweige stets scharf umschriebene ovale oder runde Öffnungen sich zeigen, manchmal mit aufgekrämpten Rändern, zwischen welchen hindurch der Inhalt nackt zu Tage tritt. Fig. 28. Bei starken Vergrösserungen und scharfer Einstellung an die Oberfläche kann man an den durch Maceration ganz isolirten Canälchen in ihrer Begrenzungsmembran auch noch unregelmässig vertheilte, äusserst feine Pünktchen, selten Lücken wahrnehmen.

Betrachtet man dagegen die aus den weniger macerirten Knochentheilen herausgezogenen oder durch Druck von dem Detritus der Lamellen befreiten Canälchen, namentlich die grösseren, so wird man ihre Oberfläche mit zahlreichen Härchen besetzt finden, welche in verschiedener Weise geordnet sind, bald in Reihen, bald garbenförmig. Fig. 30.

Ich glaube nicht zu irren, wenn ich die Ansicht ausspreche, dass Pünktchen sowohl als Härchen auf die Canälchen der Knochenhöhlen zu beziehen sein werden, um so sicherer, als ich mitunter auch einzelne Knochenkörperchen noch im Zusammenhange mit der Röhrenwand angetroffen habe. Da wie früher schon Fürstenberg [2], später Neumann [3] die Ansicht aussprachen, dass sich nicht eigentlich die Knochenzellen, sondern die bereits verkalkten Wandungen der Knochenhöhlen und der feinen Canälchen in der Säure erhalten, worauf die Isolirbarkeit der Knochenkörperchen beruht, so lässt sich wohl die Ansicht begründen, dass das ganze, das Knochengewebe durchziehende Röhrensystem von einer dem Einflusse der Säure widerstehenden Membran begrenzt ist. In welche Beziehung dieselbe zu der Knochensubstanz sich stelle, wie sie überhaupt histologisch zu definiren sei, muss ich vorerst unentschieden lassen.

Da diese Membran ganz durchsichtig ist, so lassen sich durch sie hindurch die darin liegenden Gefässe untersuchen, für die sie eine Scheide abgibt; mitunter aber hat man Gelegenheit, die Gefässe auch ohne alle Hülle zu untersuchen, wenn Stücke derselben an der Bruchstelle der Röhre herausragen.

Die grösseren Gefässe in den Canälchen, welche ich alle für Venen halten möchte, sind äusserst dünnwandig und nur mit vereinzelten spindelförmigen Kernen versehen, die bald randständig, bald auf die Fläche hingelegt sich darstellen. Die feineren Gefässe, deren Durchmesser um das Zwei bis Vierfache kleiner ist, als des grösseren Gefässes, durchziehen oft auf weite Strecke die Canälchen, treten mit den feineren Gefässchen der Astcanäle zusammen, ohne dass schon eine Verbindung mit dem grösseren Gefässe sich nachweisen liesse, indess diese wieder mit anderen grösseren in benachbarten Canälen durch feinere, innerhalb eines Quercanals liegende sich verbinden können. Die feineren Gefässe zeigen gleichfalls nur Kerne, welche aber mitunter so dicht liegen, dass man die Röhrchen offenbar nicht als feine Capillaren bezeichnen und an das Vorhandensein einer zweiten Gefässhülle denken kann; für eine solche Mittelstellung spricht auch ihr Durch-

---

[1] Henle-Meisser's Bericht pro 1863, pag. 76.
[2] Müller's Archiv 1863, pag. 1 u. s. w.
[3] L. c.

messer, der immer noch 0·0175 bis 0·02 Mm. beträgt; an einem dieser feinen Gefässchen, das offenbar ein Ausläufer einer Arterie war, liessen sich sogar einzelne Querkerne unterscheiden. Fig. 29. Überhaupt habe ich kein Gefässchen in den Haver'schen Canälen mässigen Kalibers gefunden, dessen Durchmesser weniger als 0·0125 Mm. betragen hätte.

Berücksichtigt man den Abstand der Haver'schen Canälchen, nämlich die Menge der zwischen zwei Gefässzüge aufgenommenen Gewebsmasse, und dann das Kaliber der in der compacten Substanz enthaltenen Gefässe, so dürfte sich wohl im Vergleich mit anderen Geweben ergeben, dass die Knochensubstanz zu denjenigen Geweben zu rechnen sei, welche an und für sich schon mit wenigen Gefässen ausgestattet sind und dass sich auch das Blut in denselben in viel weniger feine Strömchen vertheilt; ersteres eine Eigenthümlichkeit, welche das Knochengewebe als solches an das fibröse Gewebe reiht.

Wenn man eine grössere Reihe von Querschnitten der compacten Substanz von Röhrenknochen — die man zu diesem Zwecke allerdings etwas dicker anfertigen muss — durchsieht, so wird man oft genug Gelegenheit haben, Gefässe zu finden, sowohl arterielle, wie auch venöse, welche als Vorcapillaren zu betrachten sind, und die ganze Dicke der Compacta durchsetzen, d. h. man wird finden, dass Arterien mässigen Kalibers, welche aus dem Periosteum abgehen, allerdings nach Abgabe von Seitenästen mit den aus dem Marke austretenden arteriellen Gefässen in Verbindung stehen. Darauf hin kann man dann wohl sagen, dass die in den Haver'schen Canälchen enthaltenen arteriellen Gefässe zu einem grossen Theile nur eine Folge von Anastomosen vorstellen, ohne dazwischen geschobene Capillaren.

Da sich somit eine grosse Reihe dieser Gefässe geradezu den *Arteriae nutritiae* gleich halten lässt, nur mit dem Unterschiede, dass sie kleiner sind, so erklärt sich daraus leicht die Variabilität der eigentlichen *Arteriae nutritiae,* deren Canäle nicht so selten ganz fehlen, oft genug, auch an grossen Knochen, sehr verengt sind und selbst nach ihrer Lage variiren.

Der Zusammenhang der äusseren und inneren Arterien durch die Compacta ist wohl schon seit Bichat bekannt, doch ist, wie ich glaube, über die Art des Zusammenhanges noch nichts Näheres angegeben.

Wie es in einem Falle von obturirter *Arteria nutritia* Bichat [1] gelungen ist, durch die Beinhautgefässe hindurch das Mark der Tibia zu injiciren, so habe ich von der Nutritia aus die Beinhautgefässe gefüllt, und zwar immer zunächst die Arterien, zum Beweis, das der Übergang nicht durch Capillaren, sondern durch arterielle Anastomosen vermittelt wurde.

Ich habe früher gesagt, dass die grösseren Haver'schen Canäle, wie solche an den Knochenenden doch immer noch in einer hinreichend dicken compacten Substanz vorkommen, von einem Netze kleinerer Blutgefässe durchzogen werden. Fig. 18. Die Anordnung des Netzes ist eine räumliche, und man überzeugt sich alsbald, dass es nicht der Knochensubstanz als solcher, sondern dem in diesen Canälen eingelagerten Marke angehört, dessen Fettzellen gruppenweise in die Lücken des Netzes aufgenommen sind. Die einzelnen Gefässchen sind mit deutlichen, hin und wieder mit Kernen belegten Wandungen versehen, und gehören zu den feinsten, welche sich im Knochengewebe finden; manche von ihnen zeigten einen Durchmesser von nur 0·005 Mm.

Die grösseren Gefässe, in welchen diese feinen zusammentreten, und die sich hauptsächlich in den Knotenpunkten des Haver'schen Canalnetzes finden, deute ich als Venen, theils ihres Aussehens wegen, theils auch weil die Injection derselben durch die *Vena nutritia tibiae* vorgenommen wurde.

Ausser den Gefässen und dem Marke befinden sich in diesen grösseren Canälen zusammenhängende Züge von fibrillärem, reichlich mit Kernen ausgestattetem Bindegewebe, welches, wie stärkere Vergrösserungen zeigen, hauptsächlich als ein Wandbeleg sich ordnet. Feinere bindegewebige Züge umgeben aber auch in den marklosen Haver'schen Canälen kleineren Kalibers die darin enthaltenen Gefässchen.

---

[1] Anatomie generale. Paris Ann. X. Tom III, pag. 37.

Die Präparate, auf Grund welcher ich diese Gefässnetze beschrieben habe, sind dem unteren Drittel der Tibia zunächst ihrer Crista entnommen; dringt man aber an derselben Stelle in die Tiefe oder geht weiter gegen die Epiphyse vor, so sieht man, wie sich die Canäle noch mehr erweitern, und theils mit den Markräumen der Spongiosa communiciren, unten aber auch nach aussen führen. Diese letzteren sind es namentlich, welche in der That Wurzeln der austretenden Venen fassen.

Es ist mir einigemale gelungen, diese Venenwurzeln am unteren und oberen Ende der Tibia mit Harzmasse zu füllen, theils von der Nutritia aus, theils durch Anbohrung der Spongiosa (an entfernterer Stelle), und mich an corrodirten Präparaten zu überzeugen, dass sie sich schon unter den äusseren Lamellen der compacten Substanz fast sternförmig gruppiren, um in den austretenden Venen sich zu vereinigen; manche von ihnen schliessen sich bald einzeln, bald aber auch, doch seltener, schon paarweise an die daselbst eintretenden Arterien an.

C. Die Markgefässe.

Aus den bisher gemachten Angaben geht hervor, dass in das Innere der Röhrenknochen nicht blos die eigentlich sogenannten *Arteriae nutritiae* eingehen, sondern auch grössere Arterien an den Knochenenden, und kleinere durch die Compacta, und dass alle diese Arterien mit einander in Verbindung stehen. Gleiches gilt auch von den Venen. Wird die unter allen Nutritiae am leichtesten zugängliche *Arteria nutritia tibiae* isolirt, mit leicht flüssigen Farbstoffen injicirt: so füllen sich oben wie unten, am leichtesten aber in der Mitte des Knochens auch die äusseren Arterien, gleichwie es auch gelingt von der *Vena nutritia* aus periostale Venen zu füllen und den Injectionsstoff selbst in Stämme der Extremität zu treiben.

Directe, durch Bohrlöcher in die Spongiosa der Condylen des Femurs vorgenommene Injectionen mit wässerigem Berlinerblau füllten sogar fast das ganze Capillarsystem des Periosts bis zur Mitte der Röhre des Femur und vollends die Synovialis des Kniegelenkes.

Über Verlauf und Vertheilung der *Arteria nutritia tibia* liegen mehrfache Mittheilungen vor: die älteste von Haller[1], die neueste von Hyrtl[2]. Nach der Angabe Haller's soll sie noch im Canal einen in die Spongiosa eintretenden rücklaufenden Ast abgeben; nach Hyrtl geht sie ungetheilt hindurch und beugt erst beim Beginn des unteren Drittels des Knochens, wo sie ins Mark eingetreten, nach oben um, und zerfällt darauf in drei aufsteigende feine Äste, an der Umbeugungsstelle aber gehen noch zwei Zweige nach dem unteren Ende der Tibia herab. Im Canale selbst hat Hyrtl keine Seitenöffnungen wahrgenommen.

Diese Angabe Hyrtl's ist in Betreff der geschilderten Hauptvertheilung und für die Mehrzahl der Fälle ganz richtig, nur möchte ich die Umbeugungsstelle des Stammes, welche ich stets *S*-förmig gekrümmt antraf, etwas näher an die Mündung des Canales verlegen, darf aber auch die Angabe Haller's nicht ganz bestreiten, da ich bei einem zweijährigen Kinde von der Arterie gleich bei ihrem Eintritte in den Canal einen ansehnlichen Ast abgehen sah, der in dem aus dem Canale herausgezogenen Gefässbündel abgerissen endigte, wahrscheinlich also in den Markraum durch eine Seitenöffnung des Canals eintrat (Fig. 7).

In Betreff der feineren Vertheilung der Arterie haben mir meine Untersuchungen Folgendes ergeben (Fig. 8 und 9):

Ich sehe, dass die aufsteigenden Äste, welche aber nicht bis über das obere Ende des Ernährungscanals hinausreichen, nachdem sie sich in das Mark eingesenkt und von einander entfernt haben, unter einander mehrfach anastomosiren, durch Ästchen, welche manchmal schlangenförmig gebogen, einige sogar verknäult sind, und ein grossmaschiges, das Mark nach allen Richtungen durchziehendes Netzwerk darstellen. Ich sehe diese Anastomosen auch an den absteigenden Zweigen, da sie aber näher beisammen liegen, so kommen da nur lange, sehr spitzwinkelige Maschenräume zu Stande. Diese absteigenden Gefässe schliessen sich

[1] Icon. anatom. Fasc. V, p. 35.

[2] Normale und abnorme Verhältnisse der Schlagadern des Unterschenkels, 1864. XIII. Band der Wiener Akademie. Denkschriften.

anfangs näher an die muskelfreie Tibiafläche an, und dringen dann mit zahlreichen nach unten gerichteten Zweigen in das Centrum des Markes ein. Am oberen wie auch am unteren Ende des Knochens anastomosirt die ganze Astfolge mit den Zweigchen der daselbst eintretenden Arterien.

Erst von diesen aus den Anastomosen hervorgegangenen Netzen gehen die feineren Zweige ab, welche als eigentliche Endzweige für das Mark zu betrachten sind, von einem so kleinen Kaliber, dass sie mit einer scharfen Loupe gerade noch erreicht werden können.

Ausser dieser dem Marke zugewiesenen Verästlung stammen aus der *Arteria nutritia tibiae* nicht wenige Zweige, welche in die Corticalis eintreten (Fig. 8). Ich konnte in einem Falle an einer einzigen, nach der Länge gerichteten Durchschnittsfläche drei in geringen Abständen von den unteren Ästen der Nutritia abgehende Zweige auffinden, welche in die Canäle der Compacta eintraten, und konnte deren Ramification ganz leicht mit der Loupe überblicken, auch einen der Zweige bis nahe an die Periostschichte der inneren Tibiafläche verfolgen.

Ausser dieser an und für sich schon reichen und gewissermassen typischen Astfolge gibt es noch eine zweite, welche aus sehr feinen Gefässchen besteht und sich eng an die Arterie anschliesst.

An gut injicirten Präparaten der *Arteria nutritia tibiae*, besonders deutlich aber, wenn das Gefäss mit körnigem, gelb oder zinnoberrothem Pigment gefüllt war, sah ich einen ganzen Pinsel feiner Ästchen, welche von der Arterie gerade da abzugehen schienen, wo diese den Markraum betrat (Fig. 9). Die ganze Suite dieser Zweigchen vertheilte sich weiter in absteigender Richtung, bald gegen die Röhrenwand hin, bald ins Mark hinein. An der inneren Öffnung des *Canalis nutritius* lagen sie dicht an dem da anlangenden Gefäss- und Nervenbündel. Sie vertheilten sich dichotomisch, traten aber bald wieder zusammen, so dass die ganze Formation ein Netz mit langen, gestreckten engen Maschen darstellt Mit Sicherheit konnte ich nachweisen, dass mindestens ein Theil jener Arterien, welche vom Markraume aus in die Haver'schen Canälchen der Compacta eintraten, von diesem Netze abgingen.

Bei genauerer Untersuchung zeigt sich, dass dieses Netz nur die Fortsetzung ist eines ebenso zarten Netzes, welches schon im *Canalis nutritius* die Arterie, die Vena und die Nervenstämmchen umspinnt, auch das Innere des ganzen Bündels durchzieht, und sich aus kurzen, fast quer von der Arterie abgehenden Ästchen, welche wieder longitudinal zerfallen, sich bildet (Fig. 7 *a*). Es weist dieses Verhalten darauf hin, dass dieses ganze Netz zum Theil als *Vasa vasorum et nervorum* aufzufassen ist. Seine Bedeutung scheint mir aber wesentlich darin zu liegen, dass es die Muttergefässe enthält von jenen feinen Zweigen, welche in die Compacta abgegeben werden, aber nicht allein von jenem Abschnitt desselben, der sich bereits im Markraum befindet, sondern auch von jenem Theile, der noch in dem *Canalis nutritius* eingeschlossen ist.

Wenn man an einem möglichst gut arteriell injicirten Präparate den *Canalis nutritius* aufstemmt und den Gefässstrang heraushoIt, so wird man leicht feine Fäden nachweisen können, welche in die den Canal begrenzende compacte Substanz eintreten, und wenigstens in einzelnen dieser Fäden feine Gefässe wahrnehmen. Legt man darauf das ganze Bündel unter das Mikroskop, so wird man ausser den, an den Gefäss- und Nervenstrang sich anschliessenden feinen Gefässchen auch noch eine Menge austretender wahrnehmen; diese sind es, welche in die Haver'schen Canäle der Umgebung eintreten.

Es heisst zwar, dass der Canal keine Seitenöffnungen besitze, stemmt man aber den Canal eines macerirten Knochens auf, so wird man schon mit der Loupe zahlreiche kleine Öffnungen wahrnehmen, wie solche auch an der Oberfläche des Knochens vorkommen. Gegen das untere Ende des Canales aber wird man auch ein oder zwei grössere Öffnungen finden, deren Kaliber aber in der Regel nicht einem arteriellen, sondern einem venösen Zweige angepasst ist. Man kann sich von dem Vorhandensein dieser Communication der umliegenden Haver'schen Canäle mit dem *Canalis nutritius* auch an einer Suite von Querschnitten des Canales überzeugen. Anzahl und Vertheilung der grösseren Nebenöffnungen variirt, aber die Porosität der Canalwände ist ein constanter Befund.

Wenn daher auch die *Arteria nutritia* im Canal keine grösseren Äste in die Markhöhle abgeben sollte, so kann man doch nicht sagen, dass sie ungetheilt bis in die Markhöhle fortziehe; sie gibt darin in der That

Zweige ab, in der Regel wohl nur kleinere, nämlich die Muttergefässe des beschriebenen Plexus und daraus die feinen Abzweigungen in die Haver'schen Canäle.

Die Darstellung der Markvenen gehört unter die schwierigeren Aufgaben der anatomischen Technik. Es gelingt zwar mitunter sehr leicht, von einem Bohrloche aus auch einen Theil der inneren Venen mit Berlinerblau zu füllen, doch hängt das Gelingen immer nur vom Zufall ab, denn nur zu oft dringt der Farbstoff nicht in die Venencanäle ein, und bildet, indem er sich in den Markräumen vertheilt, namhafte Extravasate, zudem sind auch die mit löslichem Berlinerblau gewonnenen, wenn auch gelungenen Präparate, nur dazu geeignet, die feinere Vertheilung der Venen kennen zu lernen, nicht aber die Stämmchen. Injectionen mit Harzmassen füllen bei glücklicher Wahl der Bohröffnungen zwar die Stämme, doch wird diese Anordnung derselben im Innern wieder unkenntlich gemacht durch die Extravasate, welche die Markräume nur zu gern füllen, dies auch der Grund, warum die Darstellung der inneren Venen durch Corrosion, wie ich anfangs gehofft, zum grössten Theile misslangen.

Man ist also an die directe Injection grösserer Markvenen angewiesen. Die am leichtesten ausführbare ist wieder die der *Vena nutritia tibiae*, welche ich sowohl mit löslichen als auch körnigen Farbstoffen, auch mit Harzmassen und zugleich mit jenen der Arterie vorgenommen habe. Zweierlei ist dabei zu beobachten.

Man muss vorerst die Klappen zerstören, welche an diesen Venen gleich beim Austritte derselben aus dem Canale vorkommen und nur im höheren Alter insufficient gefunden werden. Dann dürfen die Harzmassen nicht strengflüssig sein und müssen unter einem nur geringen Drucke injicirt werden, weil sonst wieder nur zu leicht Extravasate zu Stande kommen.

Im Eingange des Canals liegen zwei Venen, eine feinere und eine stärkere; diese letztere, welche, von der Arterie bedeckt, in der Rinne lagert, welche vom Canale weg noch eine Strecke nach oben fortläuft, habe ich zu den isolirten Injectionen verwendet; sie ist beim Erwachsenen in der Regel weit genug, um auch eine Canülle grösseren Kalibers zu fassen. Es füllte sich natürlich gleich auch die zweite kleinere Vene und nebst dieser noch im Canal eine Reihe feiner, unter einander anastomosirender Zweigchen, welche offenbar das Analogon sind des vorhin besprochenen feinen arteriellen Geflechts.

Der Canal enthält somit nebst der in der Regel einfachen Arterie eine grössere Vene und eine kleinere, welche mit der grösseren anastomosirt, sich aber, wie mir scheint, nur aus den feineren Venen des Geflechts sammelt. Ausserdem kommen auch Nerven aus markhaltigen Fasern bestehend vor, welche ebenfalls schon im Canal in Zweige zerfallen. Auch Fettzellen finden sich, welche sich um die Peripherie des ganzen Bündels lagern. Den besten Aufschluss über den reichen Inhalt des *Canalis nutritius* ergibt eine systematisch fortgeführte Folge von Querschitten. Das ganze ist, wie gesagt, von einem zarten arteriellen und venösen Plexus durchzogen, dessen feinste Gefässe, wie ich deutlich gesehen, auch in die Nerven eindringen, gewiss aber auch zum Theile in dem fetthaltigen Bindegewebe sich vertheilen.

Bemerkenswerth scheint mir noch ein zartes Venengeflecht zu sein, welches ich nach einer ganz gelungenen Veneninjection dicht auf der Wand einiger noch grösserer arterieller Stämmchen auflagernd angetroffen habe; es bildete enge, rundliche Maschen (Fig. 15) und dürfte wohl ein Abkömmling des bereits beschriebenen Netzes sein.

Es dürfte daher nicht ungerechtfertigt sein, diesen Geflechten, insbesondere den venösen, noch eine weitere Bestimmung zuzumuthen. Der ganze Gefässcomplex ist in feste, unnachgiebige Wände eingeschlossen; ein Verschieben der wenn auch noch so nachgiebigen Marksubstanz ist daher nur möglich auf Grund des wechselnden Inhalts der Venen. Da nun auch die schon ins Mark eingetretenen Arterien, selbst die mittleren Kalibers, noch mit allen Häuten ausgestattet sind, sich daher selbst bis zum vollen Anschluss der Wände contrahiren können, somit ihr Volum in verhältnissmässig grösseren Differenzen verändern, so dürfte wohl den benachbarten Venen, deren Stämmchen ja so zahlreiche und grosse Emissare besitzen, aber auch dem die Arterie umspinnenden Plexus die Aufgabe zufallen, diese rasch wechselnden Differenzen eben so rasch wieder zu begleichen.

Die Vertheilung der *Vena nutritia tibiae* (Fig. 10) entspricht nicht ganz jener der Arterie, so genau sich im Canal die Stämme aneinander anschliessen und so oft sie sich in ihren Ästen auch treffen mögen.

Verfolgt man die Vene peripheriewärts, so sieht man, dass sie eine ganze Strecke weit im Markcanal verläuft, ohne andere als blos vereinzelte Zweige aufzunehmen; erst, wenn sie an das untere Drittel des Knochens gekommen ist, tritt sie in etwa fünf bis sechs Stämmchen auseinander, welche anfangs schief, später ganz in der Richtung des Knochens absteigend in die Spongiosa des unteren Endstückes eindringen, nachdem sie während ihres Verlaufes durch wiederholte spitzwinkelig abgehende anastomosische Zweigchen zu einem gröbere Längsmaschen bildenden Netze zusammengetreten sind. Bis dahin hielt sich der Hauptstamm näher an der hinteren Wand des Knochens, von da an aber nähern sich die Äste der inneren muskelfreien Fläche des Knochens, verlaufen also immer an oder doch in der Nähe der Oberfläche des Markkörpers.

In diese Stämmchen treten wieder längsgerichtete, noch kleinere Äste, welche zum Theil aus der Spongiosa des unteren Knochenendes zum Theil aus dem unteren Ende des Markkörpers hervorgehen. Es geht also das Geäste der *Vena nutritia* nur aus der unteren Hälfte des Knochens hervor, also aus jenem Theile, in welchem sich der *Ramus descendens* der Arterie ramificirt. Ein Stammast, welcher dem *Ramus ascendens* der Arterie entsprechen würde, existirt als solcher nicht. Dieser wird durch vereinzelte Seitenäste vertreten, deren einen, den grössten, der Stamm kurz vor seinem Eintritte in den *Canalis nutritius* aufnimmt, und noch einen oder zwei, selbst drei, welche durch Seitenöffnungen des Canals zur Hauptvene gelangen; der oberste ist der kleinste.

In einem Falle, wo im Ganzen nur zwei solche Seitenäste vorhanden waren, waren beide Äste grösser, und es zerfiel der unterste, der grösste, der noch innerhalb der Markröhre in die Hauptvene eingehende, alsbald in stärkere, aber kurze Zweige, die gleich wieder in feinere Zweige sich theilten und sich so in kleinerem Raume zerstreuten.

Der nächst oberhalb befindliche, dessen Stämmchen schon die Wand des *Canalis nutritius* durchbohrte, war kleiner; auch er zerfiel alsbald wieder in kleinere Markzweigchen, deren eines aber eine kurze Strecke an der Oberfläche des Markes sich hielt, dann aber wieder, wie die übrigen Zweige, rasch in feinere Zweigchen sich auflöste. (Siehe das Schema Fig. 10.)

Meistens traf ich drei, wovon der oberste, welcher etwa unter der Mitte des Ernährungscanales die Wand durchbrach, und weil er der kleinste war, den Typus der feinen Venenramificationen am deutlichsten versinnlichte.

Es haftet nämlich an den in den Ernährungscanal eintretenden Stämmchen eine ganze Quaste von Zweigchen, welche dichotomisch sich immer weiter vertheilen, und immer tiefer ins Mark eindringen. Von der Oberfläche aus betrachtet, stellt daher eine solche Quaste einen Gefässstern vor, aus dessen Mitte das Stämmchen hervorgeht (Fig. 12). Hält sich ein grösserer Zweig des Stämmchens eine Strecke weit an der Oberfläche, so ist die Abzweigung nicht mehr central, sondern linear geordnet, und macht, von der Oberfläche aus betrachtet, den Eindruck einer bilateralen Anordnung (Fig. 11).

Die lineare Anordnung solcher Seitenzweige findet sich selbstverständlich auch in der unteren Hälfte des Knochens, doch aber allseitig im ganzen Umfang des Gefässes, so dass der Querschnitt derselben wieder die Sternform bekommt.

Verschafft man sich durch Zusammenstellung aus einer Anzahl von Präparaten — es gelingt aber bei glücklicher Eröffnung der Markhöhle auch an einem einzigen — eine Übersicht über die ganze Venenvertheilung (Fig, 10), so wird man finden, dass dieselbe in der oberen Hälfte des Knochens, so weit noch der Markkörper reicht, grösstentheils nach dem Durchmesser des Knochens geordnet ist; in der unteren Hälfte aber nach der Länge der Markröhre, in der Nähe der Einmündung des Ernährungscanales übergangsweise schief. Es liegt diese Verschiedenheit in der Placirung der Muttergefässe, die ja oben von der hinteren Wand der Knochenröhre, nämlich von dem Ernährungscanale, ausgehen, und gegen die innere Knochenfläche zielen, in der unteren Hälfte aber, wo sie zum Theil schon mitten ins Mark eingedrungen sind, senkrecht absteigen.

Die Querschnitte des Knochens unterscheiden sich daher auch bezüglich der Venenvertheilung von einander; oben strahlen die Zweigchen grösstentheils von der Wand weg, wobei immerhin auch manche Zweige quer getroffen sein können; unten aber, am Ende des Markkörpers, sind zahlreichere querdurchschnittene Gefässe mittlerer Grösse zu sehen, um welche sich die feineren Zweige sternartig gruppiren (Fig. 14).

Ausser der soeben beschriebenen, aus dem Markkörper austretenden Astfolge gibt es noch eine zweite, nämlich die der compacten Substanz der Diaphyse. Allenthalben sieht man nämlich bald von den Stämmchen, bald von den Zweigen in die Knochenwände Gefässe eintreten, beziehungsweise aus denselben hervorkommen, woraus sich der constante Übergang der Farbstoffe aus der Nutritia in die oberflächlichen Venen erklärt. Der Übergang geschieht zuerst an der muskelfreien Fläche des Schienbeins und am unteren Ende, was sich daraus erklärt, dass die grösseren Venen dieser Fläche sich anschliessen und der Injectionsdruck gerade dahin gerichtet ist. Dieser Übergang geschieht auch nur zu leicht, und vereitelt dann die Vollständigkeit der Füllung der inneren Gefässe; wird aber der äussere Abfluss gehemmt durch Druck auf den Knochen oder durch Unterbindung der Saphena, so breitet sich die Injectionsflüssigkeit auch äusserlich auf weitere Strecken aus, dann gelingt es auch, die Venenzweige der Spongiosa an beiden Enden des Knochens, aber wieder leichter am unteren Ende, zu füllen; zum Beweise, dass eine durchgreifende Anastomose sämmtlicher Venen eines Knochens besteht.

Es ist mir dreimal begegnet, und zwar mit körnig gefärbten Injectionsstoffen, dass sich ausser den beschriebenen Venencanälen auch noch ein an der inneren Fläche der muskelfreien Knochenwand der Tibia herablaufendes, sehr reguläres grobes Netz zeigte; es lag bald frei, bald in jener grösstentheils aus Blättchen zusammengesetzten Spongiosa, welche die ganze bezeichnete Knochenwand nach innen, auch dem grossen Markraum entlang, in dünner Schichte bekleidet. Einmal begleiteten dieses Netz entschiedene grössere Extravasate, zweimal aber doch nicht, so dass ich schon im Zweifel war, ob dieses Netz nicht auch ein wirkliches Venennetz wäre, kam aber schliesslich zu der Überzeugung, dass die Bildung doch auf Extravasation beruhe, trotz der Regelmässigkeit in der Anordnung, welche nur durch die Vertheilung der Blättchen bedingt war.

Ich muss hier auch noch darauf aufmerksam machen, dass sich nach sonst ganz misslungenen Injectionen durch Anbohrung manchmal in der Compacta ein reguläres Netz findet, welches um so leichter für ein Gefässnetz genommen werden könnte, weil es den Vertheilungen der Haver'schen Canäle folgt; und dennoch ist auch dieses Netz nur ein in die Haver'schen Canäle ergossenes Extravasat, das sich nach der Räumlichkeit dieser Canäle so regelmässig begrenzt hat.

In die Spongiosa der Knochenenden gelangen von der *Vena nutritia* nur die äussersten Ausläufer, die sich aber mit den Wurzeln der aus den Endstücken austretenden Stämmchen in Verbindung setzen. Von diesen Anastomosen abgesehen, könnte also das innere Venensystem als ein Ganzes betrachtet werden.

Anlangend die Anordnung der Gefässe in dieser Spongiosa ist hervorzuheben, dass sie sich der Architektur möglichst anschliessen. Beide Gefässarten sind daher an den Enden nach der Länge des Knochens angeordnet; nur an der Stelle, wo ehedem die Epiphysenfuge bestanden, und wo die Längsbalken durch einen dicken Querbalken wie unterbrochen erscheinen, trifft man Arterien mit daran angeschlossenen einfachen Venenstämmchen, welche quer das Trabeculargewebe durchsetzen und mit auf- und absteigenden Zweigen in Verbindung treten.

Bemerkenswerth ist noch das Verhältniss der Venen zu den Arterien. Da es im Ganzen viel mehr venöse als arterielle Äste gibt, zudem die Ausgangspunkte für die Vertheilung zumeist andere sind, so können beide nicht durchaus aneinander angeschlossen verlaufen; sie treffen sich allerdings oft genug, aber in verschiedener Weise. Bald gehen die Arterien im Anschlusse an Venen, bald durchsetzen sie blos das venöse Geäst. Daher kommt es auch, dass man Arterien trifft, die eigentlich mit keiner Vene gleichlaufen, ein anderes Mal wieder findet man eine Arterie mitten zwischen zwei Venen eingeschoben. Dies letztere Verhältniss findet sich, wie mir scheint, meistens an der Oberfläche des Markes, und entsteht, wenn grössere

Venenzweige sich theilen, aber bald darauf wieder vereinigen; da ist dann die Arterie in die Masche der Vene eingeschoben.

Ein genauerer Anschluss der Venen an die Arterie findet sich häufiger nur in der unteren Hälfte des Knochens, weil da beiderlei Gefässe, mindestens die grösseren an dem Ende des Ernährungscanals einen gemeinsamen Ausgangspunkt haben. Hier aber ist die erste arterielle Verzweigung geradezu in ein engmaschiges Strickwerk von grösseren und kleineren Venenzweigen eingelagert, welches seinerseits wieder von den beschriebenen zarten arteriellen Geflechten durchzogen ist.

Seit Neumann [1] und unabhängig von ihm Bizzozero [2] Übergänge in den Formen der lymphoiden Markzellen zu farbigen Blutkörperchen beobachtet hatten, ist den Capillaren des Markes grössere Aufmerksamkeit zugewendet worden. Neumann zunächst sprach sich dahin aus, dass die Capillaren auffallend weit sind, ein dichtes Netz bilden und seitliche blinde Sprossen tragen, dass aber die arteriellen Übergangsgefässe ein viel schmäleres Lumen haben, daher mit trichterförmigen Erweiterungen in dieses Capillarnetz übergehen müssen.

Als nun Hoyer [3] auf Grund dieser Mittheilung Neumann's die Gefässe des Markes untersuchte, gelang es ihm nicht, feste Grenzen zwischen den die rothen Blutkörperchen führenden Canälen und den umgebenden Markzellen nachzuweisen. Dieser Umstand veranlasste ihn zu der Annahme, dass das Blut des Markes innerhalb wandungsloser Bahnen sich bewege. Eine Bestätigung dieser Annahme fand er auch in dem Umstande, dass es ihm gelungen war, die durch ein feines Bohrloch eingespritzte Masse in die — wie er meint — wandungslosen canalartigen Räume einzubringen; doch hat sich bereits Bizzozero [1] gegen die Beweiskraft dieses Injectionsergebnisses ausgesprochen; er glaubt vielmehr, geradezu für das Vorhandensein von Begrenzungsmembranen eintreten zu sollen, welche allerdings hinreichend zart und fein sind, doch aber eine scharfe Abgrenzung der Blutkörperchensäule von den umgebenden Markzellen und selbst Kerne erkennen lassen.

Noch entschiedener trat für das Vorhandensein einer Begrenzungsmembran Rustizky [4] ein, dem es bei Fröschen gelungen war, mittelst Silberlösung an den allerdings zarten, sonst kaum bemerkbaren Wänden der grossen (venösen) Capillaren die bekannten Endothelzeichnungen hervorzurufen, und an den feineren arteriellen Capillen auch deutliche Conturen von spindelförmigen Bindegewebszellen, an den Stämmchen der Arterien die deutlich hervortretenden Kerne von Muskelfasern nachzuweisen.

Anlangend die Vertheilung der grossen Capillaren gibt Bizzozero [5] die Abbildung eines venösen Netzes aus dem Markquerschnitte einer Kaninchentibia, welches sich in einer central neben der Arterie gelegenen Vene concentrirt und peripheriwärts mit auf- und absteigenden Schlingen begrenzt. Dies bestätiget auch Rustizky nach seinen Befunden beim Frosche.

Die Untersuchung der Capillaren im Mark nach Vertheilung und Beziehung derselben zum Gewebe kann nur an Durchschnitten vorgenommen werden, welche als Längs- und Querschnitte durch den Markkörper der Röhre, wie auch durch die Spongiosa der Endstücke gezogen sind.

Insolange das Mark kein Fett aufgenommen hat — es scheint dies fast durch die ganzen zwei ersten Lebensjahre der Fall zu sein — so stellt das Mark sowohl in der Röhre, als auch in der Spongiosa grössere und kleinere compacte Körper vor, wovon jedes Segment gänzlich aus den bekannten Markzellen zu bestehen scheint; nur an den feinen Ausgängen der Schnittchen sind auch Elemente des fibrillären Gerüstes mitunter ganz deutlich wahrnehmbar. Jedes Markklümpchen wird von den Blutgefässen nach allen Richtungen durchzogen, ohne dass sich daraus irgend eine Gliederung in der Textur des Markes herausbilden würde.

---

[1] Centralblatt f. d. med. Wissensch. 1868, pag. 689; 1869, pag. 230.

[2] Ebendaselbst 1868, pag. 885; dann Sull midollo dell ossa Napoli 1869, pag. 20 u. s. w.

[3] Centralblatt f. d. med. Wissensch. 1869, pag. 244 und 258.

[4] Centralblatt f. d. med. Wissensch. 1872, pag. 562.

[5] L. c. pag. 23.

Wie aber in dem Marke Fettzellen auftreten, wird der noch nicht fetthaltige Theil des Markes in mehr undurchsichtige Balken zerlegt, welche die Fettzellen einzeln oder gruppenweise umgreifen. In den Balken sind dann die Blutgefässe enthalten und die Reste der Markzellen.

Mit der Zunahme des Fettes werden die Balken immer dünner, so dass endlich in dem ausschliesslich so genannten gelben Mark, wenn dasselbe durch Benzin entfettet wird, nur noch das Gefässnetz zurückbleibt, welches durch ein zartes Faserwerk geknüpft wird, in welchem hin und wieder noch ein oder das andere Körperchen, offenbar dem bindegewebigen Gerüste angehörig, wahrnehmbar ist. Dann hat es den Anschein, als ob unmittelbar von den Gefässwänden weg die Äste des bindegewebigen Gerüstes des Markes abgingen, die Gefässe selbst also das Markgerüste darstellen würden.

Diese Verschiedenheiten ergeben sich mit den Jahren, scheinen aber auch von verschiedenen physiologischen und pathologischen Zuständen, von der Fundstätte und von der Thierspecies abzuhängen. Das mittlere Stadium — nämlich breite Balken, deren Contouren sich noch ganz von der Gefässwand abheben — habe ich im Markkörper der Tibiaröhre noch bei einem fünf Jahre alten Kinde angetroffen, sah es auch an demselben Knochen bei der Katze (Fig. 19), während das Mark des Oberschenkelknochens desselben Thieres schon viel mehr Fettzellen enthalten hat. Bei sehr stark abgemagerten Thieren scheint eine gelatinös-schleimige, unter der Präparation mit Säuren körnig werdende Substanz das Fett zu ersetzen.

Sowohl in dem zusammenhängenden Markkörper des Mittelstückes, als auch in den Markklümpchen der Spongiosa an den Endstücken lassen sich alsbald sowohl in Quer-, als Längsschnittchen gelungener Injectionspräparate zweierlei Gefässe unterscheiden, dünnere von 0·005 Mm. Durchmesser und dickere von 0·015 Mm. [1]. Die dickeren sind in überwiegend grösserer Anzahl vorhanden, als die dünneren, und bilden ein Netz mit verhältnissmässig engen Maschen (Fig. 21 von einem Knaben, Fig. 20 von der Katze). Beide Arten dieser Gefässe stellen den Capillarbezirk vor, und es ist alsbald ersichtlich, dass die feineren dem arteriellen, die gröberen Gefässe dem venösen Gebiete angehören; es lassen sich deshalb auch die feineren Gefässe leicht von den Arterien, die gröberen von den Venen aus füllen. Es gelingt auch, bei fortgesetzter arterieller Injection wenigstens Theile des venösen Netzes darzustellen, doch kommen auch an gelungenen venösen Injectionspräparaten die dünnen Gefässe, aber nur sehr vereinzelt zur Ansicht.

Hieraus ergibt sich, dass das Capillargebiet nicht wie an anderen Orten aus einem System gleich grosser intermediärer Gefässe besteht, welche alsbald einerseits in Arterien, andererseits in Venen übergehen, dass sich vielmehr Verhältnisse wiederholen, wie sie in der Milz vorkommen, worauf auch schon Neumann hingewiesen hat. Es vertritt offenbar das venöse, aus den gröberen Gefässen bestehende Netz das capillare System, während die allerdings schon capillarfeinen arteriellen Zweige immer noch als blosse Zuleitungsröhrchen fungiren.

Die Anordnung des venösen Netzes in dem zusammenhängenden Markkörper ist auch beim Menschen im Wesentlichen gleich jener, welche Bizzozero vom Kaninchen beschrieben hat. Es gehen nämlich aus dem Netze grössere, dichotomisch sich sammelnde Zweigchen hervor, welche man als Venenwurzeln bezeichnen kann und die schliesslich im Umkreise eines Venenquerschnittes in Sternchen sich vereinigen. Diese Bilder räumlich an einander gereiht, sagen, dass sich die feinen Venenwurzeln um die Venenstämmchen linear ordnen. Damit erklären sich auch jene Venenansichten, wie z. B. in Fig. 13, worin kleinere Venenstämmchen dargestellt sind, an deren Seiten reihenförmig geordnete grössere und kleinere Ausbuchtungen sich bemerkbar machen und die gewiss nichts anderes darstellen als Stümpfe der unvollständig injicirten Venenwurzeln.

Die Wurzeln für sich ergeben somit die bereits erwähnten sternförmigen Figuren, welche man allemal zur Ansicht bekommt, wenn irgend ein Stämmchen quer getroffen ist. Da mehrere solche Stämmchen in

[1] Zur Messung wurden injicirte Gefässe genommen, doch zeigten sich die mit körnigem Farbstoffe injicirten meistens etwas dicker.

der unteren Tibiahälfte nach der Länge des Knochens ziehen, wird ein Querschnitt dieses Knochenstückes immer solche sternartige Anordnungen zeigen. Da ferner, wie früher geschildert, die Venenstämmchen bald peripherisch, bald central verlaufen, bald vereinzelt, bald in grösserer Menge in dem Markkörper sich finden, so kann der Querschnitt an verschiedenen Stellen eines und desselben Knochens, selbstverständlich auch bei verschiedenen Thieren eine verschiedene Menge und Anordnung dieser Venensternchen zeigen. Liegen die Venenstämmchen peripherisch, so ist die radiäre Anordnung der Venenwurzeln nur eine halbseitige (Fig. 11, 12 und 21), bei centraler Lage aber ein das Stämmchen allseitig umfassende; finden sich mehrere Sterne in einem Querschnitte, so kann man die auslaufenden Capillaren der benachbarten Sterne in einander übergehen sehen (Fig. 14). Liegt ein Zweigchen einer Arterie neben dem Venenstämmchen, so trifft es sich, dass man zwischen den Radien der Venenwurzeln feine Arterien sich hindurch winden sieht (Fig. 12); doch treten manchmal auch Querschnitte von Arterien abseits von dem Venenstämmchen in Sicht, welche sich also schon durch das feinere Netz hindurch schlingen (Fig. 14).

Gegen die compacte Wand der Knochenröhre begrenzt sich das im Durchschnitte dargestellte Venennetz in auf- und absteigender Richtung durch Bögen, wie dies auch schon Bizzozero gesehen; selbstverständlich aber nur da, wo sonst kein Zusammenhang der Gefässe des Markkörpers mit den Gefässen der Compacta vorhanden ist, der sich auch oft genug an Längs- und Querschnitten durch feine arterielle Zweigchen, wie auch feinere und gröbere Venen hergestellt nachweisen lässt; die das Marknetz nach aussen begrenzenden Bögen bilden zusammen wieder ein Netz, welches die äussere Oberfläche des Markkörpers, in dem sogenannten *Periosteum internum* gelegen, umspinnt (Fig. 11 die rechts unten befindliche Partie). Ist das Netz nur theilweise injicirt, so kann man die aus der Tiefe gegen die Oberfläche gerichtete Astfolge und deren Übergang in dieses oberflächliche Netz sehr gut verfolgen (Fig. 11 und 12).

Auch in dem Marke der Spongiosa der Endstücke findet sich das Netz der Venencapillaren; die Anordnung desselben ist aber wesentlich von der der Netze in dem zusammenhängenden Markkörper verschieden. Es durchsetzt nämlich alle Markräume, und seine Anordnung richtet sich somit nach der Architektur des Trabeculargewebes. An Längs- und Querschnitten des Knochens ergibt sich somit auch ein verschiedenes Bild; in den ersteren erscheint es in gestreckten Zügen, während es in den letzteren in verschiedenen Verschlingungen die Knochenbalken umspinnt. Da sich aber die Gefässe, selbst die venösen Capillaren, nach der Länge der Trabecularlücken fortziehen, fallen in die Querschnitte des Knochens auch zahlreichere Querschnitte von den Gefässen. Dass auch hier das Netz in jeder der Marklücken räumlich sich ausbreitet, ist selbstverständlich (Fig. 22 und 23, die erstere einen Längsschnitt, die letztere einen Querschnitt darstellend). Anlangend die Beziehungen der Gefässe, insbesondere des venösen Netzes zu dem Gewebe, habe ich bereits hervorgehoben, dass dieselben erst dann sichtlich auf die Gliederung der Marksubstanz Einfluss nahmen, wenn sich Fettzellen ausgebildet haben, in Folge dessen dann die Gefässe in die bindegewebigen Balken zu liegen kommen, welche die Fettzellen bald einzeln, bald, wie es beim erwachsenen Menschen der Fall ist, gruppenweise in ihre Lücken einschliessen. Dass in diesen Balken, so lange sie noch breit sind, auch Markzellen sich finden, wurde gleichfalls schon gesagt. Nun aber muss ich hervorheben, dass trotz des engen Anschlusses dieser Zellen die eigenthümliche Gefässhaut unter günstigen Bedingungen dennoch wahrnehmbar ist, sei's am Ausgange des Schnittes, z. B. Fig. 19 an der Katze, wenn Gefässchen frei aus dem Balkengewebe heraushängen, sei s an Zupfpräparaten, wo die Gefässe isolirt zur Ansicht kommen, aber auch im Inneren von glücklich getroffenen Balken. Man kann da nicht nur an den venösen Capillaren, sondern auch an den feinen arteriellen eine scharfe Seitencontour und in dieser stellenweise mit aller Sicherheit die eingelagerten Kerne wahrnehmen. Ich sah sogar an einem isolirten Gefässchen Theilchen der zerrissenen Begrenzungshaut von der Säule des injicirten Carminleims sich abheben und frei wegflottiren.

Sind die Markbalken, wie im gelben Marke, ganz dünn geworden, dann allerdings ist die Gefässwand von dem Grundgewebe des Balkens schwer zu scheiden, und bleibt nur an solchen Stellen sichtbar, wo feine gefässlose Faserbündel, aber mit Fächern von der Wand abgehend, zwischen die Fettzellen sich einschieben, (Fig. 24 und 25. Die erstere arterielle, die letztere venöse Capillaren darstellend). Nun handelt es sich noch

um den Modus des Abschlusses des Kreislaufs, um die Beantwortung der Frage, wie die feinen, arteriellen Capillaren mit den groben, venösen in Zusammenhang treten.

An entsprechend gelungenen Injectionen der *Arteria nutritia tibiae* lässt sich leicht die Endausbreitung des Gefässes zur Ansicht bringen. Ich sah in dem compacten Markkörper eines 13monatlichen Kindes fast in jedem Schnittchen die Endzweige von einem Durchmesser von etwa 0·0075 Mm. noch anastomosiren und ein Netzwerk mit weit offenen Maschen darstellen; darauf hin isolirten sich die nur mehr 0·005 Mm. dicken Zweigehen und senkten sich in Theile des natürlich nur unvollständig injicirten venösen Netzes ein. Da die Röhren dieses Netzes um mehr als das Zweifache dicker sind, konnte der Übergang nicht anders als mit einem trichterförmigen Ende stattfinden. Mehrere solche Übergänge sind in Fig. 20 aus dem Marke der Katze dargestellt.

Zu demselben Resultate bin ich auch bei der Durchsicht von Schnitten arteriell injicirter Spongiosa des erwachsenen Menschen gekommen. Alles zusammen, der plötzliche Übergang weniger und enger Gefässröhrchen in zahlreiche und weite beweist, dass der Kreislauf des Blutes im Marke im Bereiche der eigentlichen venösen Capillaren ein äusserst retardirter sein müsse.

D. Begrenzung des inneren Gefässsystems.

Es muss nun noch ein Punkt zur Sprache gebracht werden, nämlich die Weise, wie sich das innere Gefässsystem der Knochen gegen den Gelenksknorpel begrenzt. Meines Wissens hat in dieser Beziehung nur Toynbee[1] einige Andeutungen gegeben. Er sagt, dass die Gefässe der reticulären Knochensubstanz an der inneren Oberfläche des Gelenksknorpels Ausbuchtungen und Einrollungen bilden und sich rückläufig mit den Venen vereinigen. Die daselbst auf Platte 15, Fig. 4 und 5 gegebenen Abbildungen stellen nur Spuren unvollständig injicirter Gefässe dar.

An gut injicirten Knochen zweier Erwachsenen sah ich Folgendes:

Für das unbewaffnete Auge begrenzt sich die reticuläre Substanz mit einer compacten Lamelle; bei stärkeren Vergrösserungen feiner Durchschnitte findet man aber, dass sich in diese Lamelle noch sehr kleine Ausläufer der zelligen Markräume hinein erstrecken, welche sich von den grösseren Räumen der Spongiosa schon dadurch unterscheiden, dass sie kein Mark, weder Fett- noch Markzellen, blos bindegewebige mit Kernen ausgestattete Bündel enthalten. In diesem Bindegewebe liegen auch Blutgefässe, so dass eine jede solche Ausbuchtung mit ihrem Inhalte eine Art Papille vorstellt, welche gegen den Knorpel hin von vollständig ausgebildeter, compacter, mit Knochenkörperchen ausgestatteter Knochensubstanz umgeben ist. Einzelne dieser kleinen Knochenfortsätze sind einfach, andere, und zwar die meisten, sind getheilt in zwei bis drei, so dass stets mehrere zusammentreten, ehe sie sich in einem grösseren schon Mark enthaltenden Canal öffnen. Es würde daher auch die Knochensubstanz mit kleinen Höckerchen in den Gelenksknorpel eingreifen, wenn die Unebenheiten nicht durch die bekannte Schichte verkalkter Knorpelsubstanz geradezu ausgeglichen würden.

Diese papillenartigen Höckerchen sind in der Regel senkrecht gegen die Gelenksfläche gerichtet; wesshalb man bei ihrem geringen Durchmesser, trotz der kleineren Abweichungen an den verzweigten Canalfortsätzen doch nur dann eine gute Ansicht von denselben erhalten kann, wenn man die Durchschnitte in senkrechter Richtung auf die Gelenksflächen, bei gekrümmten also parallel mit ihren Krümmungsradien anfertigt. Solche Durchschnitte geben auch über das Verhalten der in den Knochenpapillen enthaltenen Gefässe die richtigste Auskunft (Fig. 31).

Der Vergleich mit Papillen ist um so mehr gerechtfertigt, als auch die in ihnen enthaltenen Gefässe wie jene in den Papillen sich verhalten, sie bilden nämlich wahre capillare Schlingen, die man je nach der Schnittrichtung bald in weiten Bögen gekrümmt, bald enger verschlungen, selbst in schärferem Winkel geknickt

[1] On the organisation and nutrition of non vascular animal tissues. Phil. transact. 1841. pag. 171.

antrifft. Ich habe in solchen Fortsätzen (des Oberschenkels und der Tibia) immer nur einfache Schlingen angetroffen, und wo Theile eines Netzes sich zeigten, glaubte ich wahrgenommen zu haben, dass da die Papillen nicht ihrer vollen Länge nach erhalten, dass mehr ihre basalen Theile, nämlich ihre Übergänge in die markhältigen Räume an den Schnittrand gekommen waren. Im Ganzen genommen müsste an der, der inneren Fläche des Gelenksknorpels aufliegenden Knochenwand ein Gefässnetz zur Ansicht kommen, woraus sich wie etwa aus der Oberfläche der Cutis, die feinen Gefässschlingen papillenartig erheben würden.

An allen diesen Gefässen habe ich deutliche scharfe Contouren und so eng angeschlossene Kerne gesehen, dass kaum eine Verwechslung dieser Kerne mit jenen des umliegenden Bindegewebes annehmbar war, daher auch diese Gefässe als vollständig abgeschlossen betrachtet werden dürften.

Je nach dem Gange des Messers sind zwei bis drei Lagen von Knochenkörperchen im Umkreise der beschriebenen Gefässschlingen anzutreffen. In einiger Entfernung von den Kuppen der kleinen Knochenerhabenheiten markirt, an den ausgelaugten Knochen, eine wellenförmig darüber hinwegziehende Linie die Grenze der verkalkten Knorpelschichte.

Hier dürfte es am Platze sein, einige Bemerkungen über das Verhalten der Blutgefässe im Batrachierknochen einzuschalten.

Vorerst in Betreff einer auffälligen Verschiedenheit des Markkörpers. Während derselbe, nämlich bei *Rana* (*temporaria*) und der Kröte (*B. cinereus*), sich an den Enden des Oberschenkelknochens in sich abgerundet begrenzt, fand ich bei *Pelobates*, dass der ungetheilte Markraum der Röhre mit mehreren fingerförmig vorgestrecken Buchten in das Endstück des Knochens eingreift, doch immer noch im Bereich der in das knorpelige Gelenksstück hineingewachsenen compacten Rinde. (Fig. 16).

In alle diese Buchten dringt auch Mark ein, und mit ihm die Gefässe des Markkörpers. Da das Exemplar, an dem ich die Untersuchung vornahm, jene Grösse erreicht hatte, welche bei dieser Art der Batrachier die gewöhnliche ist, so glaube ich annehmen zu können, dass damit ein generischer Unterschied sich ausspricht; immerhin aber ist es mir wahrscheinlich, dass diese Beschaffenheit des Knochens auch bei *Rana* und *Bufo*, aber nur während des Jugendzustandes derselben, vorkommen dürfte. Da mir aber kein Materiale dieser Art bisher zugekommen ist, muss ich die Entscheidung bis auf weiteres vertagen.

An allen den drei genannten Froschgattungen konnte ich die mit dem Periost in den Epiphysenknorpel eindringenden Gefässe verfolgen, welche an Längendurchschnitten mitunter ihrer ganzen Länge nach herablaufend sich gezeigt haben, an Querschnitten aber, welche durch den Endknorpel gelegt wurden, Reife bildeten, welche das Lumen der compacten Röhren umgreifen. Da, wenn der Querschnitt nicht zu tief eingreift, innerhalb und ausserhalb des Reifes durchaus Knorpelmasse sich findet, so hat es beim ersten Anblick den Anschein, als ob der Knorpel eigene Gefässe besässe (Fig. 17).

Ich habe nur noch rücksichtlich des Erwachsenen das Verhalten der Blutgefässe an jenen Stellen zu besprechen, wo sich an den Knochen Bandmassen anheften. Die Abgrenzung der periostalen und synovialen Gefässe am Rande der Gelenksknorpel ist ja seit Mascagni und Prochaska bekannt, welche die da vorkommenden capillaren Netze und zottenartig angeordneten Schlingen dargestellt und beschrieben haben.

Die Bündel der Ligamente heften sich ganz in derselben Weise unmittelbar an den Knochen an, wie dies Kölliker an vielen Sehnen gesehen. In dem unmittelbar an den Knochen herantretenden Theil der Bündel lassen sich an den mit Säuren behandelten Objecten verschieden geformte Körperchen, spindelförmige aber auch rundliche mit einem körnigen Inhalte nachweisen, welche reihenweise, die letzteren auch in Gruppen vereinigt, geordnet sind.

Die äussere Lamelle des Knochens setzt sich immer scharf gegen die Sehne ab, erscheint aber, offenbar wegen verschiedenem Eingreifen des Schnittes, bald als eine mehr gleichmässig fortlaufende, bald als eine gebuchtete Linie. In beiden Fällen sieht man dicht unter der Begrenzungslamelle engere Canäle ziehen, Ausläufer der zelligen Markräume, in denen aber kein Mark mehr, sondern wieder nur fibrilläres, mit Kernchen ausgestattetes Bindegewebe nebst Blutgefässen enthalten ist (Fig. 32).

Wo die Lamellen continuirlich fortlaufend den Contour bilden, ist öfter auch ein nach der ganzen Länge des Weges hinziehendes gefässhaltiges Canälchen (Haver'sches Canälchen) zu sehen; in den fingerförmig ausgebuchteten Ausläufern der Markröhrchen aber sind wieder ganz einfache, meist aus eng zusammengelegten Schenkeln bestehende Schlingen enthalten. Diese, abermals wieder papillenartig sich darstellenden Fortsätze der Knochensubstanz trifft man meistens in Richtungen gelegt, welche der Ansatzrichtung der Bandbündel entsprechen, daher manchmal auch schief von der Knochenoberfläche abgehen, gleichsam als ob sie durch Zug des Bandes in diese Richtung gebracht wären.

Es isolirt sich also das innere Gefässsystem des Knochens auch nach den Ansatzflächen der Bänder im Wesentlichen ganz in derselben Weise wie gegen den Gelenksknorpel.

Aber auch in den Bändern selbst lässt sich ein gegen den Knochen in Abschluss befindliches Gefässsystem nachweisen. Es ziehen nämlich in dem lockeren, die derben Faserbündel verknüpfenden Gewebe ganze Plexusstränge bis nahe an die Oberfläche des Knochens heran, wo sie dann in vervielfältigten Schlingen endigen. Ausser diesen kann man auch ganz einfache, aber oft mehrere dicht beisammen liegende und dabei lang ausgezogene Schlingen wahrnehmen, welche sich im engeren Anschlusse an die derberen Bandfaserbündel halten, vielleicht sogar ins Innere derselben eingelagert sich finden (Fig. 33).

Um dabei die dem fibrösen Gewebe als solchem zukommenden Gefässverhältnisse von jenen scheiden zu können, welche durch den Ansatz am Skelete zu Stande kommen, habe ich darauf hin eine ganz vortrefflich injicirte Achillessehne untersucht, und gefunden, dass die Sehne zunächst in ihrer lockeren bindegewebigen Hülle von einem äusserst zarten Gefässplexus umsponnen ist, der in seiner Anordnung mit dem oberflächlichen Geflechte des Periost nahezu übereinstimmt, und sich mit Astgeflechten auch nach der Länge der Sehne fortspinnt; dass sich ferner auch ins Innere der Sehne, in das lockere Gewebe zwischen den Bündeln feine Plexus hineinziehen, welche gleichfalls wieder mit Quer- und Längsgefässen die Bündel umgeben.

An tiefer aus der Sehne herausgeholten Längslamellen kann man daher da und dort ganze Stränge von parallel zwischen den Sehnenbündeln eingelagerter Längsgefässe wahrnehmen, welche durch quer gelegte Zweige miteinander anastomosirend, im Ganzen und aus verschiedenen Tiefen zusammengefasst, eine leiterförmige Anordnung zeigen. Die Längsbündel reichen natürlich bis ans Ende der Sehne herab, aber einzelne ihrer Zweige zeigen noch in der Continuität der Sehne ganz deutliche, mitunter lang ausgezogene Schlingen. Diese letzteren können daher nicht ohne weiteres und als ganz eigene Abschlussformen der Sehnengefässe gegen den Knochen angesehen werden, gewiss aber die Plexus in den Zwischenräumen der Bündel, welche verengt ganz nahe an der Oberfläche des Knochens mit rücklaufenden Zweigchen endigen.

Wenn man irgend ein in die Gelenkskapsel hineinragendes, dabei gut injicirtes Band, z. B. ein *Ligamentum cruciatum genu* genauer betrachtet, findet man zunächst an seiner Oberfläche den reichlich mit Gefässen ausgestatteten Synovialüberzug mit den an der Ansatzlinie des Bandes hervortretenden zottenartig combinirten Gefässschlingen. Nach Abtragung dieser Schichte, zeigen sich in den Zwischenräumen der sehnigen Bandbündel, Gefässplexus, wie sie auch in der Achillessehne vorkommen, nur reicher; weil die Bündel dieses Bandes nicht so dicht, wie in der Achillessehne aneinander anhaften. Schneidet man darauf den Bandansatz mit der den Condyl begrenzenden Kruste ab, was am leichtesten gelingt, wenn diese, wie bei jugendlichen Individuen, noch knorpelig ist, macht dann die Kruste mittelst einer Säure durchsichtig, so erblickt man eine ganze Reihe von Endplexus, welche alle etwas verschmälert gegen diese Kruste gewendet sind, und mit Gefässschlingen endigen.

Diesen Angaben entspricht auch der in Fig. 33 gezeichnete Durchschnitt des *Ligamentum fibulare tali anticum,* worin ein solcher Plexus und eine nahe daran liegende Gefässschlinge abgebildet sind.

Bei der Abtragung eines solchen Bandes überzeugt man sich aber auch, dass an der Ansatzstelle desselben doch hin und wieder Öffnungen in dem Knochen bestehen, wodurch factisch grössere Gefässe aus- und eintreten, welche somit, allerdings vereinzelt, doch aber die Gefässe des Bandes mit dem inneren Gefässsystem des Knochens in Verbindung setzen. Sind doch auch die Bänder ganz allgemein, insbesondere aber die an der unteren Extremität vorkommenden inneren Bänder zugleich auch die Leiter von Blutgefässen,

die nicht ihnen als solchen allein, sondern auch den Knochen zukommen. An günstigen Schnittlamellen kann man daher auch stellenweise kleinere oder grössere Gefässe antreffen, welche, aus dem Bande kommend, durch die oberflächliche compacte Knochenschichte hindurch sich mit den innerem Gefässen des Knochens in Verbindung setzen.

Die geschilderten Gefässverhältnisse der Bänder haben um so mehr Bedeutung, als sie sich auch am *Ligamentum cruciatum* des Kniegelenkes und dem *Ligamentum teres* des Hüftgelenkes wiederholen, und weil darüber immer noch in manchen Punkten abweichende Anschauungen bestehen.

Bekanntlich hat Hyrtl[1] die Ansicht ausgesprochen, dass die Blutgefässe des runden Bandes nicht in die Substanz des Schenkelkopfes eindringen, sondern sich an der Einpflanzungsstelle des Bandes schlingenförmig umbiegen. Ich habe bereits in meinem Lehrbuche der Anatomie[2] gesagt, dass einzelne Äste der *Arteria obturatoria* durch das Band in die Epiphyse des Schenkelkopfes gelangen, dass wohl die oberflächlichen Capillaren der synovialen Bandbekleidung am Gelenksknorpel runde Schlingen bilden, dass aber schon die grösseren und kleineren selten fehlenden Öffnungen im Umbo des Schenkelkopfes, der Ansatzstelle des Bandes, auf eine in der Regel vorkommende Gefässverbindung hinweisen. Auch habe ich angegeben, dass ich grössere in den Schenkelkopf eintretende Gefässe beim Kinde nie vermisst und selbst beim Erwachsenen einigemale injicirt habe.

Auch Luschka[3] hat die bestimmte Erklärung abgegeben, dass er im Inneren des Bandes niemals Zweigchen der *Arteria obturatoria* vermisst habe, welche ihren Weg durch die Poren der Fovea in die Substanz des Schenkelkopfes nahmen.

Welker[4] dagegen fand, dass in $^1/_3$ der Fälle die Fovea gar keine Poren hat, in diesen Fällen also absolut keine Vascularisation des Schenkelkopfes vom *Ligamentum teres* aus stattfinden konnte, während in $^2/_3$ der Fälle allerdings feine Durchbohrungen, offenbar Gefässlöcher, vorhanden sind, meint aber doch, dass bei der geringen Menge Blutes, die da einzudringen vermag, die Bedeutung des Bandes als *Gubernaculum vasorum* kaum in Anschlag kommen dürfte, wichtiger seien wohl jene Gefässe, welche vom Halse her in den Schenkelkopf eintreten.

Ich habe meine schon vor mehr als 10 Jahren in dieser Beziehung vorgenommenen Untersuchungen bei Beginn dieser Arbeit wieder aufgenommen und auf ein grösseres Material ausgedehnt; dabei hat sich Folgendes ergeben:

Vorerst, dass in jeder nur halbwegs gelungenen arteriellen Injection von Kindesleichen ein von der Obturatoria abgehender Zweig nachweisbar ist, welcher durch das *Ligamentum teres* hindurch in den noch knorpeligen Gelenkskopf eintritt, dass derselbe, sowohl im Bande selbst, als in den Knorpelcanälen des Gelenkskopfes alsbald Zweige abgibt. Ausser diesem vertheilen sich in dem Gelenkskopf auch die Zweige jener Arterien, welche am Rande der Gelenksfläche, entsprechend der späteren Epiphysenfuge eintreten. Alle diese Arterien senden Zweigchen zum Centrum des Gelenkskopfes, wo sich binnen kurzem der Epiphysenkern ansetzt, aber auch solche, welche sich mehr peripherisch, also unterhalb der Gelenksfläche vertheilen. Anastomosen zwischen all' diesen Zweigchen kommen nicht vor, und finden sich erst dann, wenn der Verknöcherungspunkt entstanden ist, in welchen alle centralwärts eindringenden Gefässchen zusammenlaufen. Auch bei älteren Kindern und selbst bei Erwachsenen ist es mir einigemale gelungen, durch das Ligament durchlaufende Arterien zu injiciren. Besonders instructiv gestalten sich die Präparate, wenn isolirte Injectionen der *Arteria obturatoria* vorgenommen werden, und man durch Abkappen des Scheitelstückes des Gelenkskopfes den thatsächlichen Beweis vom Eindringen der Arterien beibringen kann. Eine Vorsicht aber kann

---

[1] Zeitschr. d. Gesellschaft der Ärzte in Wien 1846. Bd. 1, pag. 58, und in seiner Topographischen Anatomie, Bd. II, pag. 521.

[2] Wien 1865, pag. 146.

[3] Die Anatomie des Menschen, Bd. III, 1 Abtheilung, pag. 365.

[4] Zeitschr. für Anatomie und Entwicklungsgeschichte. Von W. His und W. Braune, 1875, 1 Heft, pag. 65.

ich bei Vornahme solcher Injectionen empfehlen, nämlich die: während des Actes das Gelenk in die Mittellage zu bringen, da das Misslingen der Injection gewiss meistens keinen anderen Grund hat, als dass während der Extensionslage des Gelenkes die Knochen zu sehr an einander angepresst erhalten werden. In Fig. 41 sind die arteriellen Gefässverhältnisse im Schenkelkopf eines Neugebornen dargestellt, wobei allerdings manches in tieferer Schichte lagernde Zweigchen in das Bild aufgenommen wurde.

Wenn nun schon damit das runde Band als Leiter von Gefässen für den Schenkelkopf sich erweist, und zwar zunächst für das arterielle Gebiet, so lässt sich in noch umfassenderer Weise der Ausgang von Venen aus dem Schenkelkopf durch das Band direct beweisen und zwar mittelst Injection in das Gewebe der Spongiosa. Um den Erfolg möglichst zu sichern, muss man das Bohrloch ober der Einpflanzungsstelle des Bandes, also am Scheitelpunkte des Kopfes, anlegen und die anderen Abzugscanäle des venösen Blutes am Schenkelhalse und im Umkreise der Trochanteren möglichst verstopfen, am besten durch Umschnürung des Knochens mit Kautschuckröhren oder Bändern. Bei diesem Vorgange wird man alsbald die Injectionsflüssigkeit, auch Harz in vollem Strom aus dem nahe am Acetabulum abgeschnittenen Bande hervorquellen sehen, und wenn man die Schlinge eines früher schon um das Ligament herumgelegten Fadens zuschnürt, kann man auch alle die feineren, in Bande befindlichen Gefässe, selbst die der Synovialis, füllen. Bei der Ansicht der Oberfläche und von Durchschnitten des Bandes, die dann auch bis in den erweichten Knochen fortgesetzt werden, überzeugt man sich, dass auch hier, wie allenthalben, ein Theil der Gefässe des Bandes sich gegen die Knochen aussen sowohl an der Synovialis, wie auch innen zwischen den Bandbündeln durch Schlingenbildung abschliesst, dass aber ein Theil der Gefässe direct aus dem Knochen hervortritt, sei's gleich als Stämmchen, sei's mit feineren Wurzeln, die sich erst im Bande zu grösseren Stämmchen vereinigen. Aus diesem letzteren Verhältnisse erklärt sich, wie es kommen kann, dass trotz des Abganges grösserer Öffnungen in der Fovea, dennoch Gefässe aus- oder eintreten können.

Das beschriebene Experiment ist mir nur äusserst selten misslungen, so dass ich mit Berücksichtigung der Ergebnisse directer arterieller Injectionen, den Übergang von Gefässen in und aus dem Schenkelkopf durch das Band als ein typisches betrachten muss, und dasselbe namentlich in Betreff des Bildungsvorganges des Knochens für ein höchst wichtiges halte.

Zugegeben, dass sich nachträgliche Varietäten hier wie auch allenthalben ausbilden, wodurch der Gefässverkehr durch das Band selbst bis zur Bedeutungslosigkeit eingeschränkt werden kann; aber erst dann, wenn sich einmal durch den begonnenen Verknöcherungsprocess Anastomosen mit den anderen vom Halse herkommenden Gefässen, Arterien und Venen hergestellt haben, ist die Möglichkeit gegeben, dass diese Gefässe ausschliesslich die Zu- und Ableitung des Blutes übernehmen. In der überwiegend grösseren Mehrzahl der Fälle bleiben die Blutbahnen für den Schenkelkopf im Bande gewiss offen, bald enger, bald weiter; darnach richtet sich dann auch die Menge und Weite der Gefässöffnungen im Umbo. Ich kenne Fälle, wo neben vier bis über 1 Millimeter breiten Öffnungen darin noch zahlreiche kleinere — bis zu solchen, die man noch ohne Loupe wahrnehmen kann — sich fanden, so dass die Spongiosa als an dieser Stelle geradezu geöffnet bezeichnet werden müsste; andere Fälle, wo nur eine oder zwei grössere neben vielen feinen, noch andere, wo nur ganz feine Lücken sich vorfanden. Allerdings sind mir auch Fälle, aber nur von Greisen bekannt, wo das Band gänzlich fehlte, die *Fovea femoris* und der *Recessus acetabuli* nur durch Bindegewebe bedeckt waren. Wenn nur wenige Gefässlücken, namentlich peripherisch vertheilte, vorhanden sind, begrenzt sich der Knochen in der Fovea mit einer dichten Kruste, in der sich mitunter Rinnen zeigen, welche zu den Gefässlücken leiten. Dass man zur Untersuchungen dieser Gefässöffnungen nur ganz gut ausmacerirte Knochen verwenden darf, ist selbstverständlich.

Denselben Befund, welchen ich soeben mit specieller Beziehung auf das *Ligamentum teres coxae* besprochen, traf ich auch am *Ligamentum cruciatum genu anticum* beziehentlich seines Ansatzes vorn an dem oberen Ende der Tibia; und in Betreff der *Vena genu impar* habe ich bereits nachgewiesen, dass dieselbe aus den beiden, das Kniegelenk darstellenden Knochen das Blut zurückleitet. Wenn also auch die *Vena acetabuli* einerseits vom Hüftknochen, andererseits vom Schenkelknochen Zweige aufnimmt, und die Arterie

beiderseits Zweige abgibt, so ist damit nicht blos eine Analogie hergestellt, sondern geradezu das typische Verhältniss eingehalten.

E. Der Knochenknorpel und seine Canäle.

Bekanntlich entwickeln sich in jedem sogenannten verknöchernden Knorpel bald früher, bald später Gefässe, welche von der Oberfläche her in eigene Canäle eingeschlossen in ihn eindringen und denselben nach bestimmten Richtungen durchziehen. Es unterliegt wohl keinem Zweifel mehr, dass ein inniger Zusammenhang zwischen diesen Gefässen und dem Verknöcherungsprocesse besteht, ja dass die Ausbildung derselben den Verknöcherungsprocess gewissermassen einleitet.

Ausser vereinzelten Notizen in allbekannten histologischen Werken und Monographien hat sich meines Wissens mit der Anordnung und dem Auftreten der Knorpelcanäle specieller nur Toynbee[1] beschäftigt, doch ohne den Sachverhalt vollends zu erheben, schon deshalb nicht, weil er nach anderer Richtung hin die Untersuchung unternommen.

Um einen Ausgangspunkt für die Beschreibung der Anordnung der Knorpelcanäle zu haben, beziehe ich mich auf den Befund am unteren Ende des Femur eines Neugebornen, entnommen einer systematisch angelegten Suite von dünneren und dickeren Segmenten. Der besseren Orientirung wegen wurde in den Segmenten die Verlaufslinie der späteren Epiphysenfuge eingezeichnet.

Wenn man durch einen geringen Grad von Maceration das Perichondrium vom unteren Femurende eines Neugebornen ablöst und die Flächen des Knorpels mit Karmin bestreicht, findet man sowohl an den Seitenflächen der Condylen, als auch in der *Incisura intercondyloidea* deutlich die Eingangsöffnungen zahlreicher Knorpelcanäle; und wenn man nun diesen Öffnungen entsprechend Schnitte durch den Knorpel führt, so wird man finden, dass schon im Bereiche der Diaphyse sowohl von vorne als auch von hinten Gefässe eindringen, die man an einer sagittal angelegten Schichtenfolge nebst der von der Incisur kommenden leicht überblickt. In Fig. 37 sind die Gefässchen von einem etwa $5^1/_2$ Monat alten Embryo abgezeichnet, deren Anlage sich von jener des Neugebornen höchstens darin unterscheidet, dass der Diaphysenknorpel, weil auch weiter herauf reichend, noch etwa ein Gefässchen mehr enthält. Es sind darin drei bis vier gewissermassen in Schichten vertheilte Gefässe wahrzunehmen, wovon die obersten parallel mit der Verknöcherungsgränze verlaufen, die anderen aber in einer mehr absteigenden Richtung gegen die Epiphyse sich verzweigen. Von den untersten gehen Zweige in die Epiphyse, von den obersten auch Zweige gegen die Verknöcherungsgänge, welche in solchen Sagittalschnitten fast fingerförmig sich ordnen.

Um einen Überblick über den ganzen Verlauf dieser Gefässstämmchen zu bekommen, fertigte ich auch horizontale mit der Verknöcherungsgrenze parallel abgenommene Lamellen an, wie die in Fig. 38 von einem Neugebornen, woraus zu ersehen, dass diese Stämmchen auch im Horizonte sich ramificiren.

Die aus der Incisur sagittal eindringenden Stämmchen begeben sich zur Mitte des unteren Femurendes zur Grundlage der Patellar-Rolle.

Sagittale durch die Condylen geführte Schnitte enthalten oben mehr Querdurchschnitte von Canälchen unten aber, gegen die Umrandung der Gelenksfläche hin, zahlreiche verzweigte Ausläufer, welche zumeist radiär gegen die Gelenksfläche herantreten. Dasselbe sieht man, ob diese Schnitte näher der äusseren Fläche oder näher an der Incisurenfläche angelegt sind; woraus folgt, dass auch von dieser letzteren her, also nicht, blos von den äusseren Flächen, Gefässe in die Condylen, die Epiphysen eintreten. Den Verlauf beider lassen dann frontale Schnitte erkennen, und man wird sich daran die Überzeugung holen, dass alle Canäle radiär vertheilt bis zur Mitte des Condyls und bis nahe an die Gelenksfläche eindringen, sie wachsen somit gegen einander, und trotzdem sie den Knorpel nach allen Richtungen durchdringen, lassen sie doch nirgends auch nicht eine Andeutung einer Anastomose der Äste oder der Stämmchen unter einander wahrnehmen.

---

[1] L. c. pag. 165.

Aus dem Gesagten ergibt sich vor Allem, dass die Anlage der Canäle, beziehungsweise der Knorpelgefässe, vollständig mit der Anordnung der späteren Gefässcanäle in den fertigen Knochen übereinstimmt. Es versteht sich dies fast von selbst, denn wenn auch der sogenannte verknöchernde Knorpel nur ein vorübergehendes Gebilde ist, so baut er doch schon in allen wesentlichen Stücken den künftigen Knochen vor, und deshalb mussten auch schon die Canäle an allen jenen Seiten des knorpelig präformirten Skeletstückes eindringen, von wo aus später die Gefässe aus- und eingehen.

Als ein zweites Ergebniss ist zu verzeichnen, dass die ganze Astfolge eines jeden einzelnen, von aussen eindringenden Canälchens ein in sich abgeschlossenes Ganze darstellt, indem jedes einzelne Ästchen blind und zwar mit einer bald mehr, bald weniger ausgebauchten, kolbenförmigen Anschwellung endigt. Anastomosen sind also auch nicht vorhanden und bilden sich nicht vor dem Auftreten des Knochens und nur in ihm aus; ein Befund, der sich leicht in jedem Epiphysenkern constatiren lässt.

Eine Scheidung der Knorpelcanäle in solche, welche der Diaphyse, und in solche, welche der Epiphyse zukommen, ist da noch kaum thunlich, in so lange nicht, als sich auch der Knorpel histologisch noch nicht der Art gegliedert hat, dass auch der Epiphysenantheil desselben erkennbar wäre; es zeigt sich vielmehr an der Stelle, wo späterhin die Fuge zu liegen kommt, dass Gefässe, welche unmittelbar ober der Gelenksfläche vorn eintreten, auch Zweige nach unten senden, und die obersten aus der Incisur kommenden auch nach oben zu sich vertheilen. Das bestehende Verhältniss kann sich erst dann richtig stellen lassen, wenn nach dem Auftreten eines Epiphysenkernes sich auch schon ein Fugenknorpel ausgeschieden hat. Vorläufig muss ich aber die Aufmerksamkeit auf jene entschieden der Diaphyse angehörigen Canäle lenken, welche aufwärts durch die Verknöcherungsgrenze hindurch in den bereits ossificirten Antheil der Diaphyse eindringen, deren Stammcanälchen ober der Gelenksfläche des Condyls und ober der Incisur eindringen. Es dürften dies wohl dieselben Canälchen sein, welche E. H. Weber[1] bespricht, indem er sagt, dass aus dem verknöcherten Theile des Knochens in dem Knorpel eine Menge von Canälchen gebildet sind, welche rothes Blut führende Gefässe besitzen.

Es sind nur die zunächst an der Verknöcherungslinie in den Knorpel eindringenden Canälchen, von wo aus diese Zweigcanäle nach oben abgehen. Wie diese in dem Knorpel situirt sind.

Bekanntlich zeigen sich in dem sogenannten verknöchernden Knorpel bezüglich auf seine Textur mehrere Zonen. In die erste, unmittelbar an die Verknöcherungslinie anstossende, aus den zu Reihen sich ordnenden Zellen bestehende Zone sah ich nie ein direct von aussen eindringendes Stammcanälchen eintreten, sondern erst weiter unten in die zweite Zone, welche aus den zu kugeligen oder ovalen Haufen gruppirten Zellen besteht. Trifft der sagittale Längsschnitt ein solches Stammcanälchen seiner ganzen Länge nach, so bildet dasselbe eine fast scharfe Grenze zwischen der Zone der schon gerichteten und den noch ungeordneten Zellen. Manchmal sieht man allerdings schon im Niveau der Verknöcherungsgrenze knapp am Ende der periostalen Rinde ein Canälchen eintreten, in diesem Falle aber umgeht es die ganze erste Schichte, lenkt sogar die äusseren Zellenreihen gegen die Mitte in Bogenform ab, und tritt erst dann unter denselben seinen horizontalen Verlauf an.

Da also diese obersten horizontalen Canälchen erst an der Grenze der zweiten Zone die senkrecht aufsteigenden Zweigcanälchen abgeben, so müssen diese letzteren, um zu den Markräumen zu kommen, die Zone der Zellensäulen durchsetzen, und zwischen diesen hindurch sich den Weg bahnen.

Ich habe diese von unten her in die Diaphysenknochen eindringenden Canäle schon bei sehr jungen Embryonen, beiläufig aus der Zeit von $4^1/_2$ Monaten, angetroffen, beim Menschen aber nie in so grosser Menge, wie bei einem Rindsembryo ungefähr desselben Alters, an dem ich überhaupt in den entsprechenden Skeletstücken alle Knorpelcanälchen zahlreicher, viel mehr verzweigt und daher auch feiner gesehen habe.

[1] Meckel's Archiv, 1827.

Es könnte sich noch fragen, wie die Verbindung dieser Canälchen mit den Markräumen der Diaphyse hergestellt wird, ob die Anastomosen von oben herab, oder umgekehrt, von unten hinauf wachsen. Ich glaube das letztere mindestens als Regel betrachten zu können,weil ich sowohl beim Kinde, als auch bei dem Rinds-Embryo ausser und neben bereits bestehenden Verbindungen mehrmals Canälchen gefunden habe, welche als Abzweigungen der horizontalen Canälchen zwar schon zwischen die Zellensäulen eingedrungen waren, daselbst aber kolbig aufgeschwollen endigten, ohne noch die Verknöcherungsgänge erreicht zu haben. Eine Verwechslung mit einem schief durchschnittenen Canälchen war unmöglich, weil das kolbige Ende mitten zwischen zwei unversehrten Schnittflächen der Knorpelsubstanz enthalten war.

Anlangend die W ä n d e d e r K n o r p e l c a n ä l c h e n, so ist bekannt, dass die Räume gerade nur in die Substanz des Knorpels eingegrabene Lücken darstellen, ohne eigene wandbildende Elemente. In dem Epiphysenantheil Fig. 42 zeigen Querschnitte der Canälchen an ihren Begrenzungen kaum eine bemerkenswerthe Umordnung der Zellen; im unteren Ende des Diaphysenknorpels sieht man aber spindelförmige Knorpelzellen nach der Länge des Canals geordnet, auch dichter um das Canallumen sich gruppiren wodurch namentlich in der Zone der Zellenwucherung mitunter beträchtliche Textur-Umordnungen zu Stande kommen.

Rücksichtlich der durch die Zone der Zellensäulen aufsteigenden Canälchen liess sich von vornherein eine Einflussnahme derselben auf die Knorpeltextur vermuthen; es zeigte sich denn auch an Querschnitten eine fast regelmässige, radiäre Anordnung der Zellen um das Lumen der Canälchen. Überdies zeigten sich die Querschnitte jener Zellensäulen, welche den Canälchen zunächst liegen, kleiner, als die weiter davon abliegenden; ein Befund, den ich in schönster Regelmässigkeit am Embryo des Rindes, aber auch am neugebornen Menschen constatiren konnte (Fig. 43 vom Rindsembryo). Wie ich aus einer Note in Q u a i n's Elements of Anatomy[1] ersehen, kannte bereits B a l y die radiäre Gruppirung der Knorpelzellen in dem verknöchernden Knorpel; doch wird daselbst über die Localisation dieses Verhältnisses nichts Näheres angegeben.

Anlangend die Untersuchung der Zeit der E n t s t e h u n g d e r K n o r p e l c a n ä l e konnte ich bis auf Embryonen, die etwas mehr als 2 Monate alt waren, zurückgreifen, und fand weder in diesen, noch auch in 3 Monate alten Embryonen irgend eine Spur eines Knorpelcanälchens im unteren Femurende. Bald aber nach dem 3. Monate erschienen in sagittalen Durchschnitten des Femurs durch die Incisur die ersten Spuren derselben (Fig. 34 von einem etwa $2^1/_2$ Monate alten Embryo; Fig. 35 von einer etwa mehr als 3 Monate alten Frucht). Ich traf drei Canälchen von der Incisur aus in den Knorpel eindringen, welche alle geradezu follikelartige Einbuchtungen darstellten; nur an einem davon war der Beginn einer Ramification angedeutet. Im Bereiche der Diaphyse habe ich um diese Zeit gleichfalls schon die erste Anlage eines solchen Canälchens wahrgenommen, doch weiter abstehend von der bisherigen Verknöcherungsgrenze. Es wäre wohl möglich, dass noch ein oder das andere Canälchen schon vorhanden gewesen wäre, obgleich ich in andern parallel mit der ersten abgenommenen Lamellen nichts davon gefunden habe; gewiss aber waren sie nicht viel zahlreicher und gewiss auch nicht mehr, als dargestellt, ramificirt. In die Zeit kurz nach dem 3. Embryonalmonate dürfte somit die erste Anlage der Knorpelcanälchen mindestens des Femurs zu verlegen sein.

Zahlreicher und bereits mehrfach verzweigt finden sie sich schon beim 4 Monate alten Embryo (siehe Fig. 36) und es dürfte die beobachtete, wiederholte Theilung an den aus der Incisur eingedrungenen Canälchen, dagegen der Mangel an Verzweigungen an jenen Canälchen, welche gerade ober der Gelenksfläche, also auch in den Diaphysenantheil eingetreten waren, dafür sprechen, dass die aus der Incisur kommenden Gefässe nebst den obersten horizontalen, die erst entwickelten sind.

Später vermehrt sich die Anzahl der Canälchen, und man findet unter denselben wieder einige, welche ungetheilt sind, und als einfache Buchten sich darstellen, offenbar also wieder später entstanden sind, wäh-

---

[1] Herausgegeben von S h a r p a y und V i n e r E l l i s, 1856. Vol. I, pag. CXXXI.

rend sich die Ramification der älteren wieder vermehrt hat. Mittlerweile ist auch, schon im Beginne des 6. Monates die Verknöcherungsgrenze bis an die obersten Canälchen vorgerückt, bis an jene, denen die gegen die Diaphyse aufstrebenden, früher beschriebenen Astcanälchen entkeimen (Fig. 37).

Hieraus ist also ersichtlich, dass die Knorpelcanälchen, wie dies auch schon Toynbee ausgesprochen hat, als von aussen eindringende Grübchen entstehen, welche sich nach und nach verlängern und während des Wachsthums weiter vertheilen. Es ist gar kein Zweifel, dass der bindegewebige Inhalt der Knorpelcanälchen vom Perichondrium ausgeht, und wie Kölliker[1] beschreibt, eine geradezu zapfenartige Verlängerung desselben darstellt. An gelungenen Durchschnitten sind thatsächlich die kernigen, in den Canälen enthaltenen Faserstränge deutlich als Fortsätze des Periosts zu erkennen. Es ergibt sich daraus auch noch ferner, dass die Knorpelcanäle zunächst an den Stellen sich bilden, welche der Verknöcherungslinie und den Verknöcherungspunkten nahe liegen, und dass zwischen beiden eine von der Diaphyse nach unten fortschreitende Neubildung von Canälchen vorhanden ist; gewiss ein weiterer Beweis für die engen Beziehungen der Canälchen zu der Verknöcherung. Gleich beim ersten Auftreten dieser Canälchen machen sich bereits Veränderungen in der Textur des Knochenknorpels bemerkbar, welche, so scheint es, gleichen Schritt halten mit der weiteren Ausbildung der Canälchen, bis schliesslich jene so vielfach beschriebene und abgebildete Anordnung der Elemente zu Stande kommt, welche sich bis zur Vollendung des Wachsthums erhält, aber im menschlichen Femur erst nach der Geburt ihr typisches Gepräge erreicht.

Ich finde noch an Embryonen aus der 10.—11. Woche des Intrauterinlebens noch jene bekannten Texturbilder, worin zunächst an der Grenze der primitiven Markräume eine Lage grosser hyaliner Knorpelzellen sichtbar ist, welche von einem Reticulum von Verkalkungsbalken gleichmässig und einzeln umgriffen werden. Darauf folgt eine mächtige Schichte von kleineren, aber quer verlängerten Zellen, welche in queren Linien beinahe festonartig geordnet sind. Der Rest des Knorpels enthält bis zum Gelenksrande die ganz kleinen, gleichmässig vertheilten Zellen. Es ist dies jenes Texturstadium, in welchem der Knorpel noch gar keine Gefässcanälchen enthält.

Aber schon bei zwei Embryonen aus dem 4. Monate, wo also bereits Canälchen und in diesen Gefässe in den Knorpel eingedrungen waren, sah ich an ganz gleichen Sagittaldurchschnitten eine andere Anordnung. Es schlossen sich zwar noch immer jene grossen hyalinen Zellen an die Grenzen der Markräume an, doch waren in dem Netze der Verkalkungsbalken bereits die Längsbalken schärfer hervorgetreten und daher deutlicher als die Querbalken sichtbar, so dass also schon eine Art „Richtung“ der Zellen eingeleitet war. Peripheriewärts waren diese Längsbalken manchmal länger als in der Mitte der Durchschnittslamellen, reichten aber doch nicht über das Ende der periostalen Knochenrinde hinaus, und gerade da war es, wo das oberste horizontal verlaufende Knorpelcanälchen eintrat. Dieses gelangte also erst in die zweite Zone, wo statt der früher noch kleineren Zellen nun kleine, 4 bis 5 Zellen enthaltende Gruppen sich zeigten, welche rundlich oder queroval aussahen. Den Übergang von dieser Zellenlage zu der Zone der Verkalkungsbalken bildeten aber immer noch grössere vereinzelte Zellen. Es dürfte daher kaum zu bestreiten sein, dass die bereits eingetretene Gruppirung der Zellen als Ausdruck der Zellenvermehrung und als Grund dieser das Eindringen der Gefässe zu betrachten ist.

Die weiteren Texturveränderungen, welche von da an bis zur Zeit der Geburt von Statten gehen, offenbar schon unter dem Einflusse der gegen die Diaphyse entsendeten Gefässzweigchen, bestehen darin, dass die Zellengruppen (Kapseln) der mittleren Lage sich verlängern, anfangs eine ovoide, näher am „Verknöcherungsrande“ schon eine fast spindelförmige Gestalt annehmen, sich mit ihrem längeren Durchmesser in die Axenrichtung der Diaphyse einstellen und bis unmittelbar an das Netz der Verkalkungsbalken heranrücken, so dass diese mit ihren feinen Ausläufern in die Zwischenräume derselben eingreifen. Es ist dies

[1] Dritter Beitrag zur Lehre von der Entwicklung der Knochen. Aus der Würzburger Zeitschrift, 1873.

jenes Stadium des Verknöcherungsprocesses, dessen Bild Waldeyer[1] so getreu dargestellt hat. Im Hintergrunde derselben befinden sich immer noch die kleinen ungeordneten Zellen.

Diese Anordnung der Elemente des Knochenknorpels erhält sich, wie gesagt, bis zur Geburt, so dass erst um diese Zeit, und, wie ich glaube, mit dem Erscheinen eines Knochenkernes in der Epiphyse jene so vielfach geschilderte Anordnung an der Verknöcherungsgrenze der Diaphyse in Sicht kommt, wobei die Knorpelzellen lange parallel neben einander gereihte Säulen darstellen. Das früher aus der Verknöcherungslinie herausragende, so auffallend und zwischen verzeinzelten grossen Zellen sich auflösende Balkennetz ist nicht mehr sichtbar, statt dessen die anfangs ganz schmalen, später sich verbreiternden Längsbalken der Knorpelgrundsubstanz auftreten, wodurch die Zellenreihen von einander abgehalten werden; doch auch die Markräume haben ein anderes Aussehen bekommen. Während des embryonalen Lebens, nach Art eines cavernösen Gewebes confluirend, senden sie erst nach der Geburt jene fingerartig austretenden Fortsätze ab, an deren blinde Enden die Zellensäulen sich reihen. Und nachdem diese gebildet, schreitet auch die Verknöcherung bis an die Zellenreihen vor, indem jene bekannten, gebuchteten Knochenlamellen sichtbar werden, welche die Markraumfortsätze bis fast an ihr Ende begrenzen. Da sich in den Zwichenräumen derselben immer noch Reste verkalkten Knorpels finden, so kann man sagen, dass in diesem Stadium die Verknöcherungszone in die Verkalkungszone tief eingreift, indem sie innerhalb derselben, den Contouren der Markraumfortsätze entsprechend, mit einer Zickzacklinie sich begrenzt, während noch beim Neugebornen, jedenfalls noch kurz vor der Geburt die Verknöcherungslinie weiter hinter der vordersten Verkalkungslinie zurücksteht. Wenn durch Einbeziehung seitlich abliegender Zellensäulen die Markraumfortsätze mit einander verschmelzen, bilden sich dann an ihren Basen die bekannten, an Durchschnitten inselförmig erscheinenden Knochenlamellen, welche noch Reste verkalkten Knorpels einscheiden. Später, wenn die Zellensäulen weiter aus einander rücken, schalten sich zwischen dieselben jene Faserbündel ein, welche v. Brunn[2] als elastische Stützfasern des ossificirenden Knorpels beschrieben hat.

Sehr aufklärende Bilder über das Verhältniss der Verkalkungszone zu der Verknöcherungszone, gleichwie auch über die Anordnung der Markraumfortsätze gewährt jene anscheinend compacte Lamelle, welche die dem Knorpel zugewendete Endfläche der Diaphyse begrenzt. Sie besteht hauptsächlich aus dem verkalkten Antheile des Knorpels, und besitzt in Folge dessen im trockenen Zustande ein kreideweisses Aussehen; wird sie aber entkalkt und mit etwas Carmin gefärbt, so lässt sie auch deutlich die ersten Anlagen echter Knochensubstanz erkennen, welche bald tiefer, bald näher an der Oberfläche sichtbar wird. Worauf ich diesfalls insbesondere aufmerksam machen möchte, ist die Verschiedenheit in der Anordnung der Markraumfortsätze, welche als kleine, runde Lücken dieses Gewebe durchbrechen. Diese Lücken sind noch bei ganz jungen Kindern im ersten Lebensmonate — gleichmässig vertheilt und dicht, wie an einem Siebe geordnet; Knochensubstanz ist erst in grösserer Tiefe erkennbar, in Form von kleinen Halbmonden, welche die bisher blos nach Art eines cavernösen Gewebes confluirenden Lücken theilweise begrenzen.

Bei einem Kinde aus dem Beginn des dritten Lebensjahres aber sehe ich nur wenige vereinzelte Lücken, die meisten sind schon gruppenweise geordnet und all die Gruppen durch merkbare Zwischenräume von einander geschieden. Von der Oberfläche her sind in den Lücken die Reste verschrumpfter Knorpelzellen aus dem daran stossenden Ende der Zellensäulen wahrnehmbar, und alsbald darunter sieht man schon den aus Halbmonden bestehenden Beleg von echter Knochensubstanz. Von der inneren (oberen) Seite her kann man wieder durch Heben und Senken des Mikroskopes das allmälige Anwachsen der grösseren Markräume und knöchernen Markraumbalken verfolgen.

In höherem Alter, nahe der Zeit der kommenden Vereinigung der beiden Knochenstücke, sind die Lücken der Markraumfortsätze, seien sie einzeln oder gruppirt, durch noch grössere Zwischenräume von einander

[1] M. Schult'zes Archiv, I. Bd. pag. 359, Tab. 22, Fig. 2.

[2] Reichert und Du Bois, Archiv, 1874, pag. 1.

geschieden, in welchen man dann stellenweise gleich unter der dünneren Verkalkungskruste auch schon breit nach der Fläche hingelegte Knochenlamellen wahrnehmen kann.

Bemerkenswerth sind ferner die Veränderungen der Textur, welche im Reste des Knochenknorpels, im Fugenknorpel, nach und nach auftreten, nämlich in jener Knorpelschichte, welche nach dem Erscheinen des Knochenkernes in der Epiphyse den Diaphysen- und Epiphysenknochen scheidet, beziehungsweise verbindet, und bis zur Zeit der Verstreichung der Epiphysenfuge immer noch das Material zum Fortwachsen der beiden Theilstücke des Knochens nach der Länge liefert. Es finden sich da beim Vergleiche verschiedener Objecte von verschiedenen Individuen zwar manche Abweichungen, fast Unregelmässigkeiten, insbesondere in Betreff des localen und zeitlichen Auftretens von Fasermassen, welche den Fugenknorpel manchmal ganz unregelmässig durchsetzen und scharf spitzig verlängerte Körperchen einschliessen, doch, glaube ich, nach Durchsicht eines grösseren Materiales Folgendes über den Gang dieser Veränderungen aussagen zu können:

Gleich anfangs, also schon nach dem Erscheinen des Epiphysenkernes, sind beiderseits präparatorische Zellenwucherungen in einem sagittalen Längsschnitte des unteren Femurendes wahrnehmbar, auf Seite der Epiphyse statt der Zellensäulen die von H. Meyer und H. Müller beschriebenen und abgebildeten rundlichen oder ovalen Gruppen grosser Zellen. Zwischen diesen beiden Zonen befindet sich eine mächtige Lage, bestehend aus kleinen, noch vereinzelten Zellen, wie sie früher im ganzen unteren Ende des Knorpels sichtbar waren. Es ist dies gewissermassen eine neutrale Zone, welche die beiden präparativen Zonen vollständig von einander scheidet.

Mit der Zeit wird aber die Anzahl dieser Zellen immer kleiner, auch rücken sie weiter aus einander, und bei einem Kinde von vier Jahren traf ich nur mehr wenige solche vereinzelte Zellen, dagegen schon viele Gruppen, welche aber erst aus zwei bis drei Zellen bestanden. Bei einem sieben Jahre alten Kinde fand ich keine solchen Zellen mehr, in der Zwischenzone nur mehr Gruppen von 3 bis 4 Zellen, und diese Anordnung konnte ich noch an Kindern aus dem elften Lebensjahre constatiren.

Hervorheben muss ich noch, dass sich die Dicke des ganzen Fugenknorpels, welche bei Kindern aus dem vierten Monate nicht mehr als 3 Millimeter beträgt, lange unverändert erhält; dass aber die Begrenzungsfläche durch entgegenwachsende Fortsätze sich manchmal sehr unregelmässig gestaltet und dass in Folge dessen der Durchschnittsrand der Fuge manchmal ein gezacktes Aussehen bekommt. Beiläufig bemerkt, sind gerade diese inconstanten Zacken die Ausgangspunkte von dichten Fasermassen, welche den Knorpel oft nach seiner ganzen Dicke durchsetzen. Wichtig und für das Wachsthumsmaass der beiden zusammenstossenden Knochenstücke bezeichnend ist der Umstand, dass von der ganzen Dicke der Fugenscheibe noch im elften Lebensjahre etwa $^2/_3$ des ganzen Zellenlagers auf die präparative Zone der Diaphyse entfällt, woraus sich wohl ebenfalls wieder ergeben dürfte, dass der Diaphyse ein grösseres Wachsthumsmaass zukömmt, als der Epiphyse.

Erst bei 17jährigen sah ich die Dicke des Fugenknorpels bis auf etwa 2 Millimeter zurückgehen, wobei sich abermals wieder, wie ich an zwei Individuen dieses Alters gesehen, bemerkenswerthe Veränderungen ergeben haben. Diese bestehen in Folgendem, Fig. 53:

Es sind nur mehr zwei Zonen von Knorpelzellen vorhanden, nämlich die Zellensäulen der Diaphyse und rundliche Zellengruppen der Epiphyse. Von den letzteren sind nur wenige vorhanden, so dass die Zellensäulen bis nahe an die Knochengrenze der Epiphyse heranreichen; das Zellenmaterial der Zwischenzone ist daher schon vollständig aufgezehrt. Die Zellensäulen liegen aber nicht mehr, wie früher, vereinzelt, sondern sind in Gruppen oder Felder zusammengefasst, welche bald mehr, bald weniger solcher Säulen enthalten, und von ansehnlich breiten, die Knorpelscheibe fast senkrecht durchsetzenden Bündeln einer Fasermasse (elastische Stützfaser von Brunn) begrenzt, beziehungsweise von einander geschieden werden. Diese Faserstränge gehen compact aus den Zwischenräumen der Markraumfortsätze der Diaphyse hervor und zertheilen sich an der Epiphysenseite, indem sie bogenförmig die Gruppen der Knorpelzellensäulen umgreifen, um schliesslich in die hyaline Knorpelmasse der Epiphyse einzugehen. Stellenweise, insbesondere aber da, wo die Verknöcherungsgrenze der Diaphyse winkelig in die Fuge eingreift, sind die Fasermassen dichter und

breiter, stellen fast Bänder vor, welche bis an den Epiphysenknochen heranreichen. Aber auch zwischen diesen Zacken stellt sich die Verknöcherungsgrenze als eine mehrfach gebuchtete Linie dar, da nur mehr grössere Markräume an dieselbe herantreten, woraus nur ganz kurze Markraumfortsätze hervorgehen. Diese sind aber schon unregelmässig ihrer Form und Anordnung nach; an dünneren Segmenten findet man zwischen ihnen auch grössere Zwischenräume, wo sich die grossen Markräume durch Lamellen vom echten Knochen abschliessen. Das Ganze weist schon darauf hin, dass das Wachsthum des Knochens in die Länge vollendet ist, und dass der weitere Fortgang nur mehr dahin abzielt, die Vereinigung der beiden noch losen Stücke herzustellen.

Bekanntlich lässt sich auch noch in der Zeit, wo bereits die Theilstücke eines langröhrigen Knochens untrennbar mit einander vereinigt sind, in der Spongiosa die Grenze zwischen Epiphyse und Diaphyse leicht erkennen an einer deutlich hervortretenden Unterbrechung des nach der Länge des Knochens geordneten Trabeculargewebes. Es ergibt sich diese Grenze aus einer Knochenlamelle, welche anfangs von einer compacten, von gröberen und feineren Haver'schen Canälen durchzogenen Substanz dargestellt wird, die sich aber später durch Erweiterung der sie durchziehenden Canäle zu einer spongiösen Substanz umbildet. So lange die Lücken darin kleinzellig sind, zum Unterschiede von den mehr röhrenförmigen Canälen, welche sowohl in der Diaphyse, als auch in der Epiphyse vertical geordnet auf einander zulaufen, ist die Grenze immer noch erkennbar; sie verschwindet aber später vollständig wieder, nachdem das beiderseitige Röhren-, beziehungsweise Balkensystem unmittelbar in einander übergegangen ist.

Der Fugenknorpel verknöchert also als Ganzes und wird zunächst zu einer compacten Lamelle, die aber doch wieder nur als eine provisorische Formation zu betrachten ist. Diese Bildung hat offenbar in dem Formellen des Vorganges ihren Grund. Es begegnen sich ja an der Grenze noch keine fertigen Markräume, wie sie die Spongiosa besitzt, sondern nur die feinen Markraumfortsätze, so dass also die Verbindung der beiden Theilstücke zunächst nur auf der Verschmelzung feinerer Gefässe beruht, welche gegen und in einander wachsen.

Die Markraumfortsätze sind, wie gesagt, nicht mehr so zahlreich, auch nicht mehr so dicht an einander reiht, die grossen Markräume zum Theile schon durch compacte Knochenlamellen gegen den Knorpel abgeschlossen, und daher kommt es, dass die in den Fugenknorpel hinwachsenden Canälchen und Gefässe auch nach der Fläche Äste treiben, und dass, wenn sich diese Röhren (Haver'sche Canälchen) mit Knochenlamellen umgeben, die Systeme derselben bei jeder Schnittrichtung gegen einander wie verworfen erscheinen, wie denn auch die Lumina der Canälchen bald quer, bald schief geschnitten in die Bildebene fallen. An einem etwa 19 Jahre alten Individuum hatte ich Gelegenheit, die Structur dieser compacten Lamelle, also das Resultat der Verknöcherung des Fugenknorpels zu untersuchen. Bald aber lernte ich an einem Individuum ungefähr desselben Alters auch ein früheres Stadium dieses Verknöcherungsprocesses kennen. Es war dies ein Fall, wo die um je ein Haver'sches Canälchen sich reihenden Lamellensysteme noch nicht allenthalben zum vollen Anschlusse an einander gekommen sind, und in Folge dessen zwischen sich verschieden gestaltige, in Winkel auslaufende Lücken begrenzten, die sich schon beim ersten Anblicke durch ihren Glanz von der benachbarten lamellösen Knochensubstanz abhoben. Anwendung der Strelzoff'schen Doppeltinction und das Auffinden der charakteristischen Zellen ergaben alsbald, dass darin Reste verkalkten, aber noch nicht verknöcherten Knorpels enthalten waren, wie dies auch schon vorauszusetzen war, da ja diese Lamelle, wie das ganze Balkengewebe der Spongiosa sich auf Grundlage des Knorpels ausgebildet hat. Zur Erläuterung des Geschilderten diene Fig. 54. Es erinnert dies an einen Fund Kölliker's[1], welcher an einem 16jährigen in der Diaphyse, in bedeutender Entfernung vom knorpeligen Ende eine Zone von verkalkter Knorpelgrundsubstanz auffand, die mit grösseren und kleineren Nestern längs der Grenze gegen die Periostablagerungen vertheilt und allerseits von lamellöser Knochensubstanz begrenzt war.

---

[1] Handbuch der Gewebelehre, 1867, pag. 221.

F. Gefässe des wachsenden Knochens.

Nach all' den in neuester Zeit über den Vorgang der Entwicklung der Knochen aus zahlreichen Untersuchungen gewonnenen Ergebnissen dürften wohl anlangend das Gefässsystem zwei Punkte als erwiesen zu betrachten sein: 1. dass sich kein echtes Knochengewebe entwickelt ohne Intervention von Blutgefässen, und 2. dass alle Gefässbildung vom Perioste ausgeht und fortschreitend von aussen nach innen eindringt. Daraus ergibt sich in weiterer Folge, dass gerade die Grenzen der Gefässterritorien die Bildungsstellen echter Knochensubstanz sind, und erklärt sich der allseitige Zusammenhang der äusseren und inneren Gefässe eines jeden Skeletstückes, so dass auch die sogenannten *Vasa nutritia* eben nur als grössere Abzweigungen des eigentlich periostalen Gefässsystems sich darstellen und daher auch leichthin entfallen können.

Die Fragen also, welche in Betreff des Gefässsystems sich bildender und wachsender Knochen zu stellen sind, betreffen zunächst nur mehr die Formverhältnisse, bei deren Darlegung allerdings auch auf den Gang ihrer Ausbildung Rücksicht zu nehmen sein wird.

Anlangend die Gefässe des jungen Periots hat sie meines Wissens zuerst Billroth[1] am Neugebornen dargestellt und ausgesprochen, dass die innerste Schichte dieser Knochenhülle — von ihm als Cambium bezeichnet — eigentlich als schon zum Knochen gehörig anzusehen sei; was gewiss gerechtfertigt ist, da sie ja die Osteoblasten enthält, daher mit der äussersten Schichte der periostalen Knochenablagerung in innigem histologischen Zusammenhange steht; sie ist auch von zahlreichen Gefässen durchzogen, welche eingeschlossen in Fortsätze des Cambiums bei weiter fortschreitender Knochenablagerung in das Innere der anfangs noch weiten Canäle einbezogen werden. Netzartig verflochten durchziehen dann die Gefässe diese primitiven Haver'schen Canäle.

Dieses Eindringen der Gefässe in die Rinde ist gewiss nur eine kaum modificirte Wiederholung jenes Processes, welcher die Gefässe durch Lücken der ersten abgelagerten periostalen Lamelle hindurch in den Verkalkungspunkt der Diaphyse leitet. Anfangs werden wohl die Vertheilungen der inneren Markraumgefässe noch von den äusseren geschieden sein; wenn aber einmal die endochondrale Verknöcherung des Schaftes bis an die periostalen Schichten vorgedrungen ist, und wenn sich die inneren Balken mit den äusseren in Verbindung setzen, so stellt sich auch schon an allen diesen Stellen ringsum eine Verbindung der beiderlei Gefässe her.

Ich sah an dem Längendurchschnitt der Phalange eines Embryo, aus dem Beginn des sechsten Monats, Fig. 51, in dem sanduhrartig eingeschnürten endochondralen Markgewebe von der engsten Stelle aus nach beiden Enden des Knochens einen dendritisch sich ramificirenden Arterienast bis nahe an die Enden der Markraumfortsätze sich hinziehen. Den Ausgangspunkt bildete ein Stämmchen, in der Figur im Querschnitt dargestellt, von wo aus deutlich genug der Zusammenhang des Granulationsgewebes mit dem Inhalt eines periostalen Knochencanales verfolgt werden konnte. Es war dies gewiss die Stelle, wo das Hauptstämmchen (*Arteria nutritia*) eintrat. Obgleich die Gefässe der periostalen Knochenrinde in diesem Präparate nicht ganz gut injicirt waren, konnten doch da und dort in den Canälen, eingelagert in Granulationsstränge und im Zusammenhange mit den Periostgefässen Theile derselben beobachtet werden. Auch öffneten sich mehrere dieser Rindencanäle in den Markraum, und ich konnte deutlich aus dem Lumen des einen den Markstrang, allerdings ohne injicirtes Gefäss in den inneren Markkörper hinein verfolgen; zum Beweise, dass bereits in diesem Stadium, wo gegen die Enden des Knochens hin noch endochondrale Balken mit Knorpelresten vorhanden sind, andere Verbindungen der äusseren mit den inneren Gefässen sich herstellen. Noch überzeugender entnahm ich das Bestehen dieser Gefässanastomosen an Querschnitten einer anderen Phalange, worin ringsum der Zusammenhang der periostalen Markstränge, wovon einige auch injicirte Gefässe enthielten, mit dem endochondralen Markkörper nachzuweisen waren, und zwar um so zahlreicher, je näher gegen die Mitte der Länge des Knochens die Lamelle entnommen war.

---

[1] Langenbeck's Archiv für Clm. Chir., VI. Bd., pag. 713.

An der hinreichend gut injicirten Tibia desselben Embryo liess sich der Nachweis der Communication der äusseren und inneren Gefässe durch die periostale Rinde hindurch an Längs- und Querschnitten nicht nur in der Mitte des Knochens, sondern auch an den Endflächen desselben, wo noch endochondrale Balken mit Knorpelresten vorhanden waren, unzweifelhaft darthun.

Dass die Gefässe im Ganzen ein Netz darstellen ist klar; doch fand ich bei der allerdings nicht durchgreifenden Injection in den engeren Canälen der periostalen Rinde oft genug nur ein Gefäss in dem Querschnitte eines Haver'schen Canales, dagegen zahlreiche Querschnitte und Längssegmente von Gefässen in den inneren Markräumen, was darauf hinweist, dass es wieder eigentlich Netzstränge sind, welche diese Räume durchziehen. An einem Rindsembryo ist es mir gelungen, diese Netze in grösserer Ausdehung darzustellen und nachzuweisen, dass sie aus feinen Gefässen zusammengesetzt sind. Im Querschnitte des Knochens ergab sich davon die in Fig. 52 dargestellte Ansicht.

Das Wesentlichste in Betreff der Beschaffenheit der Knorpelgefässe ergibt sich von vorn herein, wenn man sich errinnert, dass jeder Canal von aussen nach innen eindringt, und dass jeder mit all' seinen Verzweigungen ein selbstständiges, in sich begrenztes Röhrensystem vorstellt, welches weder mit den benachbarten noch mit den entgegenkommenden in irgend einer Anastomose steht. In Folge dessen muss das enthaltene Blutgefässsystem, vereinfacht aufgefasst, eine Schleife mit einem zu- und ableitenden Schenkel darstellen, also mindestens aus einem arteriellen und einem venösen Gefässchen bestehen, welche an dem blinden Ende des Canals oder seiner Zweige in einander übergehen. Es muss ferner das ganze Gefässsystem gleichfalls von aussen, vom Perioste hineinwuchern und im Ganzen dieselbe dendritische Astfolge eingehen, wie die es beherbergenden Knorpelcanäle.

Doch ist die Blutgefässformation nicht ganz so einfach als blos vertheilte Schlinge aufzufassen; es zeigt vielmehr jeder Querschnitt eines Canales, dass meistens drei, oft genug sogar mehr Gefässröhrchen darin enthalten sind; kleine und grosse, Fig. 42. Wenn es dann gelingt, solche Lamellen darzustellen, welche die ganze Breite des Canales umfassen, so wird man darin Netze finden, wie sie auch schon Billroth[1] zeichnet, welche mitunter namentlich in den grösseren Canälen vielfach verflochten angetroffen werden (Fig. 40). An Querschnitten kann man sich auch von der Anwesenheit kleiner Nervenstämmchen überzeugen.

Das ganze Packet ist in dem sogenannten Knorpelmarke eingebettet, welches aus fasrigem, reichlich mit Kernen ausgestattetem Bindegewebe besteht, worin auch noch zahlreiche granulirte Zellen mit Kernen enthalten sind. Die Abkunft dieser Zellen ist noch nicht sichergestellt; sie werden bald von den in der Umgebung der Canäle eingeschlossenen Knorpelzellen abgeleitet, wohl auch als ausgewanderte lymphoide Körperchen betrachtet.

Allem Anscheine nach ist das kleinere Längsgefäss des Canales die Arterie; es weist darauf seine mit zahlreichen Kernen ausgestattete Wand und dann der Umstand hin, dass bei unvollständiger arterieller Injection dieses Gefässchen öfter gefüllt erscheint, als das stärkere. In grösseren Canälen, welche ein dichteres Netz enthalten, löst sich auch gerade dieses Gefäss in die feinen netzartig verstrickten Gefässchen auf, und es lassen sich daraus auch wieder die Wurzeln des grösseren Gefässes — der Vene — leicht verfolgen. Wie schon an Querschnitten zu erkennen, ist das Netz nicht blos an die Oberfläche verlegt, sondern dringt auch ins Innere des Knorpelmarkes ein. Alle Stammcanäle und alle grösseren Astcanäle enthalten Netze, auch die in die Diaphyse aufsteigenden; während in den Zweigcanälchen dritter und vierter Ordnung, insbesondere gegen die Enden derselben, die Gefässformation bis auf drei Röhrchen sich vereinfacht.

Ein Beispiel dieses Verhaltens soll Fig. 44 zur Ansicht bringen, an zwei gabelförmig von einander abgehenden Endknospen, deren Gefässe, namentlich in dem einen durch Injection sowohl, als auch nach dem Baue der Wände mit aller Schärfe verfolgt werden konnten. Eine feine Stammarterie, welche ich auch noch weiter zurück ganz ungetheilt verlaufen sah, spaltete sich im Winkel der beiden Endzweige des Canales auch gablig in zwei Zweige, deren jeder bis ans Ende des Canälchens wieder ungetheilt verlief, und dort nach zwei

---

[1] L. c.

Richtungen in rücklaufende venöse Gefässchen überging. Es bestehen daher in diesen Endcanälchen echte Schlingen, dargestellt von einer einfachen Arterie, einer wahren Endarterie, übergehend in zwei Venen, welche zum Unterschiede von der Arterie alsbald und beträchtlich zunehmen. Ausläufer dieser Gefässe, etwa als Keime werdender neuer, habe ich nirgends wahrgenommen, das Ganze ist in ein kerniges Bindegewebe eingebettet, in welchem auch nicht wenige rundliche körnige Zellen sichtbar sind. Verdichtungen in dem umgebenden Knorpelgewebe habe ich nicht wahrgenommen.

Ganz das gleiche Verhalten zeigte sich an den Gefässen der zahlreichen und feineren Knorpelcanäle des Rindsembryo, wo die Endschlingen aber fast Knäule zu bilden scheinen. In allen Objecten reichten, wenn die Injection gelungen war, die Gefässe bis an das blinde Ende der Canälchen heran.

Aus dem jetzt über das Gefässsystem der Knorpelcanäle Mitgetheilten ergibt sich auch schon bereits der Modus der Entstehung und des Wachsthums der Canäle und ihrer Gefässe.

Gleich wie der bindegewebige Inhalt der Canälchen eine Fortsetzung ist des Periosts, welche sich, wie Toynbee schon angegeben, immer tiefer in den Knorpel einsenkt, so sind auch die Gefässe der Canälchen Abkömmlinge der periostalen Gefässe. Es gelang mir an einem Präparate eine solche gut injicirte periostale Knospe zur Ansicht zu bekommen (Fig. 45), und darin die Gefässverhältnisse zu untersuchen. Es sind in der That Convolute von ramificirten Blutgefässen, welche sich mit Schlingen begrenzen und so eine Art Körbchen oder Knäuel darstellen. Dass ich es da wirklich mit einer Knospung eines Canales und nicht mit einem durch den Schnitt bewirkten nicht natürlichen Abschluss der Gefässe zu thun hatte, beweist schon die allseitige Begrenzung des Ganzen und der Umstand, dass an dem Segmente noch beiderseits Knorpelelemente als Decke nachzuweisen waren. Auch da habe ich nichts von Ausläufern der Gefässe, dagegen allenthalben deutliche Begrenzungsmembranen wahrgenommen.

Anlangend das Verhalten der Gefässe an der Grenze ihres Territoriums, im Bereiche der Verknöcherungslinie, so ist bereits allgemein bekannt, dass sich in den Markraumfortsätzen capillare Schlingen befinden, womit sich daher das Gefässsystem der Diaphyse vorläufig abschliesst. Diese Schlingen wurden vor Kurzem erst durch L. Levschin[1] ausführlich beschrieben; ich werde daher nur weniges hinzuzufügen haben.

Vorerst muss ich auf Unterschiede aufmerksam machen, welche bezüglich der Grenzformen der Gefässe an den Diaphysen und Epiphysen bestehen. In den letzteren greifen die Markraumfortsätze nicht fingerförmig in den umgebenden Knorpel ein, sondern in der Gestalt von mehr oder weniger breiten, oft ganz nahe am Verknöcherungsrande verzweigten Buchten, welche bald wieder zur Bildung der zelligen Markräume confluiren. In diesen begrenzt sich das Gefässsystem nur selten mit einfachen Schlingen, meistens mit einem Plexus, dessen Gestaltung, entsprechend der Räumlichkeit, die ihn beherbergt, sich fast in Form eines Körbchens ausbildet, der ungefähr also so aussieht, wie die soeben beschriebenen Netze in den Knospen der neu sich bildenden Knorpelcanäle (Fig. 48).

Diese Form der Grenzgefässe findet sich im ganzen Umfange des Epiphysenkernes, allenthalben, wo derselbe noch vom Knorpel überlagert ist, also sowohl nach den Seiten, als auch gegen die Gelenksfläche und gegen die Epiphysenfuge. Da man diese Formation als eine Vervielfältigung der Schlingenbildung betrachten kann, so lässt sich das, was noch über das Wesentliche der Diaphysenschlingen gesagt werden soll, auch auf sie beziehen.

Entsprechend der Gestaltung des Markraumfortsatzes sind die Schlingen im Verknöcherungsrande der Diaphyse bald einfache Umbeugungen eines aufsteigenden Gefässes, bald ist aber schon eine Vertheilung dieses Gefässes insoferne vorhanden, als dasselbe nach zwei Seiten in ein rücklaufendes Gefäss einlenkt. Die Umbeugungsstellen entsprechen den unteren Enden der Knorpelzellensäulen und es hat oft genug den Anschein, als ob die Schlinge schon in die letzt eröffnete Zelle hineinragen würde. Die Gestalt des Schlingenbuges ändert sich nach der Schnittrichtung und der in Folge dessen variirenden Ansicht; variirt aber auch factisch in den Formen, wie sie bei Levschin abgebildet sind (Fig. 47). Häufig genug bekommt man an

[1] Bulletin de l'acad. d. St. Pétersbourg. Taf. VIII, 1871, pag. 307.

der Umbeugungsstelle befindliche Auftreibungen des Rohres zu sehen, welche ich aber, ich möchte sagen immer, nur an dem rückläufigen, also an dem venösen Schenkel wahrgenommen habe, wie dies ja auch an den Schlingen in den Knorpelcanälen vorkommt. Anastomosen können selbstverständlich nur da verkommen, wo Verschmelzungen der Markraumfortsätze vorhanden sind; sie kommen aber nie an dem arteriellen Schenkel der Schlinge, immer nur an dem venösen vor. Durch diese allerdings verschieden placirten Röhrchen werden die Schlingen mit einander verbunden, und es kommt so im Ganzen genommen an der Endfläche des Diaphysenstumpfes ein lockeres Netz zu Stande, wovon Theile an Querschnitten leicht zur Ansicht gebracht werden. In voller Flächenübersicht ist diese Grenzformation der Gefässe nur an Präparaten zu erlangen, welche mit körnigen in Harz suspendirten Pigmenten injicirt sind. Dann lässt sich durch fortgesetzte Maceration der Knorpel vollständig entfernen, und wenn man dann die so frei gelegte Endfläche der Diaphyse betrachtet, so sieht man thatsächlich ein, allerdings lockeres Netz, aus dessen Fläche sich die einzelnen Schlingen geradezu papillenartig abheben; ich sah dies an einem in der hiesigen anatomischen Sammlung befindlichen Präparate von Prochaska. Ein ähnliches Präparat gab mir Gelegenheit, auch den injicirten Epiphysenkern von der Oberfläche zu besehen, wovon wieder die in den Markraumbuchten eingelagerten Körbchen fast wie zottenartige Gebilde über das Niveau des Netzes hervortraten.

An allen diesen Gefässen ist bei starken Vergrösserungen und in dünnen Lamellen die Begrenzungsmembran mit aller Deutlichkeit wahrzunehmen; auch glaube ich einigemale solche Fortsätze der Capillaren wahrgenommen zu haben, wie sie Levschin beschreibt, wie in dem Fig. 50 gezeichneten Exemplare. Es kam da eine breite Schlinge in Sicht in einem Markraumfortsatze, der nach drei Richtungen hin kleine Buchten aussendete. In diese Buchten ragten auch stumpfe kurze Fortsätze des Gefässrohres hinein, und da ich von beiden Seiten des Präparates diese Gefässbucht gedeckt sah, und in Berücksichtigung der allseitig freien Lage des Markröhrchens an eine durch den Schnitt unterbrochene Anastomose mit benachbarten Schlingen nicht denken kann, so halte ich dieses Präparat nach der bezeichneten Richtung für überzeugend.

Die Wahrnehmung, dass die Kerne der Capillaren unregelmässig geordnet sind, selbst verschieden tief in die Wand eingreifen, veranlasst Levschin zu der Annahme, dass sie nichts anderes als extravasirende Elemente aus den Blutgefässen sind. Es ist dies eine Annahme, welche aus theoretischen Gründen nicht unwahrscheinlich ist.

Von grösster Wichtigkeit ist noch die Beantwortung der Frage, wie sich zu diesen Grenzformationen des Gefässsystems die zuleitenden Röhrchen der Arterie stellen, ob dieselben noch nahe daran unter einander Verbindungen eingehen, wie sich überhaupt die Astfolge der feinsten Arterien gestaltet.

Nach Durchsicht einer grösseren Reihe von Präparaten kann ich darüber Folgendes aussagen. Es verlaufen die Arterien, welche ja alsbald, schon an ihrem kleinen Kaliber auch mitten in einer dichteren Injection zu erkennen sind, fort und fort dendritisch ramificirt gegen das Knochenende, gehen auch während ihres Verlaufes Anastomosen ein, und bilden somit ein lockeres Geflecht. Wie sie sich aber dem Verknöcherungsrande nähern, hören die Anastomosen auf, nicht aber auch die Vertheilung, welche manchmal bis in die Nähe der Schlingenbildung fortschreitet, dann nämlich, wenn Theilungen der Markraumfortsätze vorhanden sind. In der Regel aber hat jeder Markraumfortsatz, beziehungsweise jede terminale Schlingenformation ihre eigene, und deshalb oft genug hinreichend lange Arterie. Was an Anastomosen im Bereiche des Verknöcherungsrandes sichtbar ist, gehört daher schon zum Venensystem, dessen Äste auch bald, meistens schon im Bereiche der Markraumfortsätze anastomosiren, darüber hinaus aber, also in den eigentlichen Markräumen schon vielfach zusammentreten.

Es gibt somit auch hier solche vorcapillare Arterienzweigchen, die man mit Recht im Sinne Cohnheim's als Endarterien bezeichnen kann. Was also bei der Ansicht von der Endfläche her als Netz sich gestaltet, ist gleichfalls zu dem Venensystem zu zählen.

In Fig. 49 habe ich ein Schema dieser Verhältnisse dargestellt, welches aber in seinen Einzelheiten treu copirt ist und nur deshalb als schematisch bezeichnet wird, weil die Einzelheiten zwar aus einem und demselben Objecte, aber aus verschiedenen Distanzen zu einem Ganzen vereinigt worden sind.

Ich habe vorhin dargethan, dass die obersten, d. i. die zunächst der Verknöcherungsgrenze in den noch knorpeligen Theil des Knochens eindringenden Canäle, auch senkrecht aufsteigende Abzweigungen in die Diaphyse senden. Ich kann nun hinzufügen, dass auch diese Canäle, wie alle die grösseren Knorpelcanäle, Blutgefässnetze führen, und dass ich einigemale beobachtet habe, wie sich diese Gefässe mit den Gefässen der Diaphyse in Verbindung setzen, und dass so eine directe Verbindung der innern Gefässe der Diaphyse mit diesen von unten eindringenden hergestellt wird. Die Verbindung geschieht aber nicht unmittelbar an der äussersten Grenze des Gefässterritoriums, also nicht mittelst der Gefässe der Markraumfortsätze, diese werden vielmehr mit den dazu gehörigen Zellensäulen zur Seite abgedrängt, und es wird die Verbindung erst hinter (ober) der Zone der terminalen Schlingen hergestellt.

Es ergeben sich in Betreff dieser Verbindungsgefässe folgende Fragen: Ob dieselben zahlreich sind oder nur sporadisch vorkommen, ob sie bleibend sind, d. h. bis zur Vereinigung der beiden Theilstücke des Knochens bestehen, und ob durch sie etwa auch eine Verbindung des Diaphysenknochens mit dem Epiphysenkern hergestellt wird.

Um mich in der ersten und zweiten Frage auf möglichst sichere Weise und auf kurzem Wege bezüglich des factischen Bestandes zu informiren, habe ich die Fugenfläche gut macerirter Diaphysen und Epiphysen untersucht, von Neugebornen und Individuen aus späteren Lebensperioden, bis zur Zeit der vollen Vereinigung der beiden Theilstücke des Knochens.

Dabei ergab sich, dass an den Endflächen — namentlich der Femur-Diaphyse — immer mehrere grössere Lücken vorhanden sind, ungefähr von dem Caliber einer mässig dicken Borste, welche offenbar Öffnungen von Gefässcanälen darstellen, welche in fast senkrechter Richtung durchgängig sind. Die Anzahl dieser Öffnungen ist aber nicht constant, auch nicht ihre Lage; ich fand beim Neugebornen selten mehr als 15—20, aber auch viel weniger; später sah ich allerdings auch manchmal zahlreichere, immer aber nur vereinzelt auf grösseren Feldern. Die gesammte Oberfläche erschien sonst für das unbewaffnete Auge geradezu dicht, und liess erst unter stärkeren Vergrösserungen jene feinen Lücken erkennen, welche den Markraumfortsätzen entsprechen.

Im Verhältnisse zur Ausdehnung der Endfläche kann man daher immerhin sagen, dass die Anzahl der von unten in die Diaphysenknochen aufsteigenden Gefässe nichts weniger als eine grosse ist, und, wie ich aus directen Beobachtungen erkannt, sind es nicht vereinzelte grössere Arterien oder Venen, welche da eingehen, sondern immer nur solche netzartige Gefässformationen, wie sie in den Knorpelcanälen enthalten sind.

Ehe ich in die Beantwortung der dritten Frage eingehe, will ich noch des Schicksals gedenken, welchem die Knorpelcanäle durch das Fortschreiten des Verknöcherungsprocesses zugeführt werden. Ich bringe deshalb zuerst in Erinnerung, dass beim Embryo aus dem Beginne des 6. Monates Canälchen in vier bis fünf Lagen in den Diaphysenknorpel eintreten, und das nur die obersten aufsteigende Zweige gegen die Verknöcherungsgrenze absenden; indem ich nun hinzufüge, dass schon beim Neugebornen weniger über einander lagernde Canälchen vorhanden sind, so ergibt sich daraus schon, dass beim Fortschreiten der Verknöcherung bis in die Nähe der Condylusflächen einige Canälchen untergehen müssen. Da ferner immer nur die obersten die aufsteigenden Canälchen zur Diaphyse abgeben, so kann man daraus schon den Schluss ziehen, dass es immer die obersten sein werden, welche zunächst untergehen.

Der Umstand, dass der äussere untere Gefässreif relativ nicht vom Platze rückt, war Veranlassung zu überlegen, ob nicht auch das oberste Gefässcanälchen seinen Platz behalte, in welchem Falle aber dann angenommen werden müsste, dass die rundlichen Zellengruppen des Knorpels, um in die Zone der längs geordneten Zellen zu gelangen, über das Gefäss hinweg an der Verknöcherungsgrenze vorrücken müssten, was aber an und für sich schon unwahrscheinlich ist. Es konnte also das Untergehen der Canälchen nicht mehr anders gedacht werden, als durch ein von oben nach unten fortschreitendes Einbeziehen derselben in die sich verlängernde Diaphyse. Dies setzt aber mindestens für den Anfang einen Nachwuchs der Gefässcanälchen voraus; und dass ein solcher wirklich bestehe, lehrt schon der Unterschied der in Embryo aus dem 6. Monate aufgefundenen Canälchen (Fig. 37), wovon die unteren, näher gegen die spätere Fuge gelagerten

weniger ramificirt sich zeigten, und dass selbst an den in die Markräume der Diaphyse eingehenden Zweigen eine Keimung wahrnehmbar sei, habe ich gleichfalls schon dargethan.

Nach dem Gesagten konnte ich nicht mehr daran zweifeln, dass die im Bereiche des Diaphysenknorpels entstandenen Gefässcanälchen, mindestens die des Embryo, allmälig in den sich verlängernden Knochen einbezogen, und durch andere, tiefer unten, in der Nähe der Fuge nachkeimende ersetzt werden. Dafür dass beim Embryo die Canäle mit ihren Gefässen thatsächlich in die Diaphyse einbezogen werden, kann ich wohl keinen Beweis erbringen, dass dies aber in späterer Zeit, nach der Geburt, wirklich geschehe, bin ich in der Lage darzuthun durch einen Fall, den ich am unteren Ende der Tibia eines 18 Monate alten Kindes beobachtet habe. Der hierauf bezügliche Befund ist in Fig. 46 abgebildet.

Es geht nämlich ein Canal unmittelbar vom Perioste ab und ist nahe an seinem Beginn bereits mit den Markräumen der verknöcherten Diaphyse in Communication getreten. In weiterer Folge entsendet derselbe einen in die Diaphyse aufsteigenden breiten Canal, in welchem ein schönes Zweignetz enthalten ist. Durch diese beiden Verbindungen entsteht zwischen dem Canale und den Enden einiger Markraumfortsätze eine Lücke, in welcher (linksseitig) Knochenkörperchen wahrnehmbar sind. Diese erstrecken sich an dem oberen Rande des Canales bis zu seinem aufsteigenden Aste fort, gehören also offenbar einer nur dünnen Lamelle an, von welcher aber ein Theil durch den Schnitt entfallen ist, so dass durch die Lücke wieder Einsicht in eine tiefere Schicht geboten ist, worin nur Knorpelzellen wahrnehmbar sind. Welche Anordnung in dieser tieferen Schichte bestand, ergab ein zweites Präparat, bestehend aus der abgebildeten benachbarten Lamelle, worin sich gleich wieder, gerade wie auch nach rechts (in der Abbildung) die gewöhnliche säulenartige Anordnung der Knorpelzellen zeigte. Es scheint mir daher gar keinem Zweifel zu unterliegen, dass es sich hier um einen Canal handelte, der zur Hälfte bereits mit Knochenmasse umlagert und somit daran war, alsbald vollends in den Diaphysenknochen einbezogen zu werden.

Darauf hin lässt sich annehmen, dass dieser Vorgang auch während des Intrauterin-Lebens besteht; er führt, indem auf diese Weise allmälig die embryonalen Diaphysencanäle Schichte für Schichte einbezogen werden, gleichfalls zur Verbindung der Periostalgefässe mit den Markgefässen und zu jener Verminderung der Knorpelcanäle ober der Fugenlinie, auf welche ich vorhin hingewiesen habe.

Es ist dies offenbar unter einer anderen, nur durch locale Verhältnisse bedingten Form derselbe Process, der auch in der Epiphyse vorkommt und daselbst öfter und leichter nachweisbar ist. Man trifft übrigens auch in der Epiphyse die Knorpelgefässe in den verschiedensten Beziehungen zum Knochenkern.

Ausser dem stets vorausgesetzten Falle, dass sich an den ins Centrum des Knorpels eingedrungenen Canälen der Knochenkern ansetzt, habe ich Fälle gesehen, wo das ganze Gefässnetz eines grösseren Knorpelcanales, nachdem es sich im Knochenkern mit den Markgefässen desselben in Communication gesetzt hat, wieder ausgetreten ist, und peripheriewärts in den Rest des Knorpels Zweige abgegeben hat; es sah die Sache also so aus, als ob sich der Kern mitten im Verlaufe des Canales angesetzt hätte. Dahin gehören die von Kölliker verzeichneten Fälle [1], wo er bei einem 16jährigen Gefässe aus dem Knochenkern in den Gelenkknorpel eintreten sah. Ich kenne auch Fälle, wo der Knorpelcanal noch neben dem Knochenkern vorbeiging, und nach hergestellter Verbindung der Gefässe wieder weiter in den Knorpel sich vertheilte.

Auf solchen aus der Epiphyse neu austretenden Canälen und ihren Gefässen kann offenbar auch die Gefässcommunication beruhen zwischen den Markgefässen der Diaphyse und Epiphyse, in welchem Falle dann senkrecht aufsteigende Zweige den Fugenknorpel seiner ganzen Dicke nach durchsetzen. Allerdings kann diese Communication unter normalen Verhältnissen nicht sehr verbreitet sein, worauf ja schon die verhältnissmässig geringe Anzahl von grösseren Öffnungen in den Endflächen der macerirten Diaphysen hinweist; sie kommt aber bei Thieren, mindestens einigen Arten derselben, viel häufiger vor, wie ich aus einem noch von Prochaska injicirten Metatarsus eines Fohlens ersehe, woran ich in einem einzigen Frontalschnitte über 30 den Fugenknorpel durchsetzende Gefässe zählen konnte; in der Hälfte eines Frontal-

---

[1] Gewebelehre, 1867, p. 212.

schnittes bis 10. Es scheint mir, dass auch beim Rinde dieser vasculäre Zusammenhang ein vervielfältigter und jedenfalls mehr ausgebreiteter sein dürfte, als beim Menschen, weil ich schon beim Embryo die aufsteigenden Canäle in viel grösserer Menge angetroffen habe.

Rücksichtlich der Herstellung dieser Communication gibt mir ein Präparat von einem 18 Monate alten Kinde die nöthigen Anhaltspunkte (Fig. 39). Ich sehe, dass da eines der gerade ober der Gelenkfläche eintretenden Canälchen sowohl nach unten zum Epiphysenkern, als auch nach oben zum Diaphysenknochen Zweige absendet. Wenn nun beim weiteren Fortgang der Verknöcherung das Stämmchen, sei es in die Diaphyse, sei es in die Epiphyse, einbezogen wird, und wenn sich die Fugenfläche des Epiphysenkernes ebnet, so werden unter allen Umständen bald mehr, bald weniger Ästchen den Fugenknorpel gerade durchsetzen, wie auch schon an diesem Präparate zwei direct aus der Epiphyse austretende Canälchen zu sehen sind. Es sind dies aber nicht einzelne Gefässe, sondern Netze. Beim Pferde aber sind thatsächlich auch grosse Gefässe, wodurch die Verbindung hergestellt wird.

Ich habe bisher alle die Zone der Knorpelzellensäulen durchsetzenden Gefässe aus den unten eintretenden Knorpelcanälen abgeleitet, und dies dürfte wohl auch insbesondere beim Embryo die Regel sein. Ich fand aber in späterer Zeit, schon bei einem Kinde von 2 Jahren, aus der Verknöcherungsgrenze der Diaphyse grössere nach unten gerichtete, breit endigende Kolben in den Knorpel eintreten und die Zellensäulen aus einander drängen; sie enthielten faseriges Gewebe, zeigten zwar keine Spur einer Injection, legten aber immerhin die Vermuthung nahe, dass auch von oben herab eine Gefässverbindung mit den Canälen des Knorpels angebahnt werden könnte.

Die Eingangs erwähnten (p. 5) Canäle des Femur, welche theilweise in die Compacta eingegraben, erst nach längerem Verlaufe ins Innere der Spongiosa eingehen, drängen zu der Vermuthung, dass schon nach den ersten Lebensjahren eine Neubildung von Gefässen im Fugenknorpel auf Grund von neuen Knorpelcanälen nicht mehr vorkommt, und dass die von den daselbst fixirten äusseren Stämmchen abgehenden Zweige, nachdem sie in das Knochengewebe aufgenommen worden sind, sich mit dem wachsenden Schafte immer mehr strecken müssen.

Ich habe nach Durchsicht nicht weniger Präparate die Überzeugung gewonnen, dass bezüglich der Gefässverhältnisse an der Fuge Variationen, selbst Unregelmässigkeiten bestehen, welche möglicherweise auch auf den Wachsthumsvorgang nicht ohne Einfluss sein dürften.

Ist einmal die Verbindung der Epiphyse mit der Diaphyse durch Verknöcherung des Fugenknorpels hergestellt, so sieht man, so lange die compacte Fugenlamelle besteht, dieselbe nur von mässig grossen Gefässen durchsetzt, welche die Gefässverbindung beider Knochenstücke vermitteln, und ich halte sie wenigstens zum Theil für Abkömmlinge der beschriebenen, den Fugenknorpel durchsetzenden Gefässe.

Bemerkenswerth scheinen mir noch vereinzelte arterielle Gefässe zu sein, welche ich in sagittalen Medianschnitten des unteren Femurendes ober der compacten Fugenlamelle mitunter angetroffen habe; sie dürften gleichsam nur Reste sein bestandener Formationen, nämlich der letzten in den Fugenknorpel eingedrungenen Gefässe, welche schliesslich auch in die Diaphyse einbezogen worden sind.

Unter den mir zugekommenen Leichen von Kindern fand ich auch eine aus dem 3. Lebensjahre mit allen Zeichen von R a c h i t i s. Eine hinreichend gelungene Injection derselben gab mir die Gelegenheit, das Verhalten der Gefässe auch unter diesen Verhältnissen kennen zu lernen; ich werde in Kürze nur das Wichtigste hervorheben.

Bekanntlich wachsen bei fortgeschrittenem rachitischen Processe die Markräume bis in die wuchernde präparative Zone des Knorpels derart hinein, dass sie mit dicken Fortsätzen fast wie grosse höckerige Papillen in dieselbe tief eingreifen, und in ihren Zwischenräumen oft sehr lange Fortsätze der Knorpelzone zwischen sich fassen. Da sich die Zellenreihen zum Theile um die höckerigen Auftreibungen der Markräume ordnen, wird das ganze Knorpelgewebe verworfen, so dass von den sonst linear geordneten schmalen fingerförmigen Markraumfortsätzen an der eigentlichen Grenze des präparativen Knorpels nur mehr verein-

zelte zu sehen sind. Dafür aber finden sich so manche auch mitten in den Fortsätzen der Zellenschichte, welche tief zwischen die grossen Markraumbuchten eingedrungen sind. Dem entsprechend ist auch das Gefässsystem anders angeordnet. Was zunächst auffällt, ist die mächtige Entwicklung der Venen schon in den grossen Markraumbuchten, in welchen sich ein dicht geordnetes Geäste grosser Venen findet. Alle diese Venen wurzeln in den kleinen höckerigen Ansätzen der grossen Markraumbuchten, und beginnen da schon mit bemerkenswerthem Caliber in einer Gruppe von Schlingen, welche aus feinen arteriellen Zweigchen hervorgehen. Weiter zurück, wo sich bereits aus osteoidem Gewebe eine Art Spongiosa (Spongioid) gebildet hat, treten diese immer stärker anwachsenden Venen in den Lücken derselben, die sie fast ganz ausfüllen in ein dichtes grobes Netz zusammen.

Einfachere Endschlingen kommen an der eigentlichen Knorpelzone nur wenige vor, im Innern aber, nämlich in den Zwischenräumen der grossen Markraumbuchten, viel mehr in eigenen Canälen, welche offenbar durch Erosionen in dem gewucherten Knorpelgewebe zu Stande gekommen sind. Die aus dem Fugenknorpel aufsteigenden und denselben durchsetzenden Gefässe — Netze, wie sie in den normalen Knorpelcanälen gefunden werden — sind sehr zahlreich, und treten dann nahe an den Basen der Buchten mit den Gefässen derselben in Zusammenhang, vertheilen sich aber auch selbstständig in dem Knorpel.

Auch aus dem Periost greifen Schlingengruppen in die Fortsätze des wuchernden Knorpels der Diaphyse ein.

In den beiden Figuren 55 und 56 sind diese besprochenen Verhältnisse dargestellt. Fig. 56 gibt eine Ansicht des Venensystems in den grossen Markraumbuchten und der Vertheilung eines von unten eingehenden Stämmchens.

In einem Falle, wo der Rachitismus noch nicht so weit vorgeschritten war, fand ich ausser den beschriebenen aber noch nicht so weit vorgerückten Markraumbuchten in dem noch ziemlich scharf umschriebenen Fugenknorpel einen von der Seite eingetretenen Knorpelcanal, dessen aufgetriebenes Ende eine fast blumenkohlartig gestaltete Gefässwucherung enthielt, woraus sich ein grosser Venenstamm entwickelte; mit einem Theile drängte sich dieses fast cavernöse Gefässgewebe in eine Lücke der Epiphyse ein, doch ohne mit derselben einen vasculären Zusammenhang einzugehen.

ERKLÄRUNG DER TAFELN.

Fig. 1. Rechter *Condylus internus femoris* eines Mannes in $^2/_3$ der natürlichen Grösse mit den injicirten Arterien.
„ 2. Linker *Condylus internus femoris* eines Kindes mit den Arterien.
„ 3. Linkes unteres Ende eines Oberschenkelknochens eines Mannes mit den Arterien und Venen der hinteren Fläche.
„ 4. Dasselbe Präparat mit seiner medialen Fläche.
„ 5. Unteres Ende des Femur eines Knaben zur Darstellung der in der Incisur ein- und austretenden Gefässe.
„ 6. Rechtes Kniegelenk eines Mannes in $^2/_3$ natürlicher Grösse mit injicirten Knochenvenen, hauptsächlich zur Darstellung der *Vena genu impar.*
„ 7. *Arteria nutritia tibiae* eines zweijährigen Kindes mit einem noch im Canale abgehenden grösseren Aste und zahlreichen feinen Zweigchen, welche untereinander anastomosirend das in Fig. 7 *a* vergrössert abgebildete Netz darstellen, woraus Zweigchen für die den Canal umgebende Corticalis hervorgehen. Bei * die innere Öffnung des *Canalis nutritius.*
„ 8. Vertheilung der *Arteria nutritia tibiae* in der Markröhre des Knochens; Entstehung des *Ramus recurrens*, Bildung des feinen die Arterie und Vene umspinnenden Geflechts, und Ursprung dreier Arterien für die compacte Substanz des Knochenschaftes (die letzteren aus einem anderen Präparate herübergenommen).
„ 9. Die feinere Vertheilung der Arterien im Marke etwas vergrössert.
„ 10. Schema der Vertheilung der *Arteria* und *Vena nutritia* im Markcanal, aus zwei Präparaten zusammengestellt; oben die sternförmig vertheilten, in den *Canalis nutritius* direct durch Nebenöffnungen eingehenden Zweige; unten die mehr fächerförmig geordneten Äste.
„ 11. Eine Venenquaste an der Oberfläche des Markes aus der Tibia eines Mannes mit linear abgehenden Wurzeln; rechts unten das Venennetz an der Oberfläche des compacten Markkörpers.
„ 12. Eine sternförmige kleine Venenquaste aus demselben Knochen.
„ 13. Einige Venen und Arterienäste des Markes aus dem unteren Drittel der Tibia.
„ 14. Aus dem Querschnitt der Tibia eines Mannes, mit Venensternen im Mark und einigen arteriellen Zweigen.
„ 15. Ein arterieller Ast des Markes aus dem unteren Drittel der Tibia eines Mannes, mit einem auf der Wand aufliegenden Venennetze.
„ 16. Längendurchschnitt des *Caput femoris* von *Pelobates* mit arteriell injicirten Gefässen.
„ 17. Querschnitt des *Caput femoris* von *Rana temporaria* mit einem Gefässkranz in der periostalen in den Epiphysenknorpel hineingewachsenen Röhre.
„ 18. Capillarnetz in den grösseren Haver'schen Canälchen von der medialen Fläche des unteren Tibiaendes eines Erwachsenen.
„ 19. Mark und Gefässe aus dem Querschnitte der Tibia einer erwachsenen Katze.
„ 20. Dasselbe aus dem Femur.
„ 21. Segment eines Querschnittes der Tibia eines 5 Jahre alten Knaben. Venöse Capillaren, Venenstämme an der Peripherie. Anastomosen der Mark- und Corticalvenen.
„ 22 und 23. Venennetze der Spongiosa aus dem unteren Ende des Femur eines Mannes; Fig. 22 ein Längsschnitt, Fig. 23 ein Querschnitt.
„ 24. Arterielle,
„ 25. Venöse Capillaren bei stärkerer Vergrösserung aus dem Marke der Spongiosa eines ausgewachsenen Oberschenkelknochens.
„ 26. Zwei Haver'sche Canäle mit den eingelagerten Blutgefässen, aus der Tibia eines Mannes, im Querschnitte.
„ 27. Durch Maceration in Salzsäure isolirte Haver'sche Röhrchen mit injicirten Gefässen; in dem anliegenden Detritus isolirte Knochenkörperchen.
„ 28. Ein solches Canälchen stärker vergrössert, mit zwei Gefässen, wovon das dünnere eine Arterie, das dickere eine Vene ist. Die scharf umschriebene Lücke entspricht dem Abgange eines abgebrochenen Astes.
„ 29. Theil eines Haver'schen Canälchens, stärker vergrössert, mit herausgetretenen Enden eines arteriellen und venösen Zweiges.

Fig. 30. Theil eines durch Maceration isolirten Haver'schen Canälchens, an dessen Wand noch die daran haften gebliebenen Röhrchen der Knochenkörperchen sichtbar sind.

„ 31. Durchschnitt des injicirten Gelenkstückes der Tibia eines Mannes, mit den Ausläufern der Markräume und den terminalen Gefässschlingen.

„ 32. Ansatz des *Ligamentum fibulare tali anticum* mit terminalen Gefässschlingen in der compacten Knochenrinde der Fibula.

„ 33. Dasselbe Band mit den terminalen Ausläufern seiner Gefässe, gegen den Knochen.

„ 34. Sagittale mediane Durchschnittslamelle des unteren Femurendes eines $2^1/_2$ Monate alten Embryos.

„ 35. Dasselbe Object von einem etwa $3^1/_2$ Monate alten Embryo, mit den ersten Keimen von Knorpelcanälen.

„ 36. Dasselbe Object von einem Embryo nach vollendetem 4. Monate, mit vervielfältigten und mehrfach ramificirten Canälen.

„ 37. Dasselbe Object von einem Embryo aus dem 6. Monate, mit zahlreichen injicirten Knorpelcanälen.

„ 38. Knorpelscheibe vom unteren Ende des Oberschenkelknochens eines Neugebornen, mit Knorpelcanälen und Gefässen.

„ 39. Sagittale mediane Durchschnittslamelle des unteren Femurendes von einem 18 Monate alten Kinde, mit dem Epiphysenkern und seinen Gefässen.

„ 40. Aus demselben Präparate die Gefässe eines Knorpelcanales; ein Theil des Netzes ist durch den Schnitt verloren gegangen.

„ 41. Frontale Durchschnittslamelle aus dem oberen Ende des Femur eines Neugebornen mit dem *Ligamentum teres* und den Gefässen.

„ 42. Querschnitt eines Knorpelcanales aus dem medialen Knöchel der Tibia eines 18 Monate alten Kindes mit Gefässen und Nerven.

„ 43. Querschnitt eines gegen den Diaphysenknochen aufsteigenden Knorpelcanales, aus dem Bereiche der Knorpelzellensäulen vom Embryo eines Kalbes.

„ 44. Gabeliges Ende eines Knorpelcanales aus dem Knöchel der Tibia eines 18 Monate alten Kindes mit den Blutgefässen.

„ 45. Keime eines Knorpelcanales mit den Gefässen aus der Fuge des unteren Femurendes eines 18 Monate alten Kindes.

„ 46. Ein Gefässcanal der Fuge aus dem unteren Ende der Tibia eines 18 Monate alten Kindes; die Verknöcherungsgrenze der Diaphyse ist bis nahe an den Canal herangerückt, und derselbe theilweise schon von Knochensubstanz umgriffen.

„ 47. Terminale Blutgefässschlingen, eingelagert in die Markraumfortsätze an der Verknöcherungsgrenze der Diaphyse des Femur eines 6 Jahre alten Kindes.

„ 48. Terminale Gefässformation an der Verknöcherungsgrenze des Epiphysenkerns des Oberschenkelknochens eines 6 Jahre alten Kindes.

„ 49. Halbschematische Darstellung der terminalen Gefässschlingen aus der Diaphyse der Fibula eines 18 Monate alten Kindes.

„ 50. Eine solche Gefässschlinge stärker vergrössert, mit Ansätzen.

„ 51. Längsdurchschnitt einer Fingerphalange eines Embryo aus dem 6. Monate, mit injicirter Markarterie.

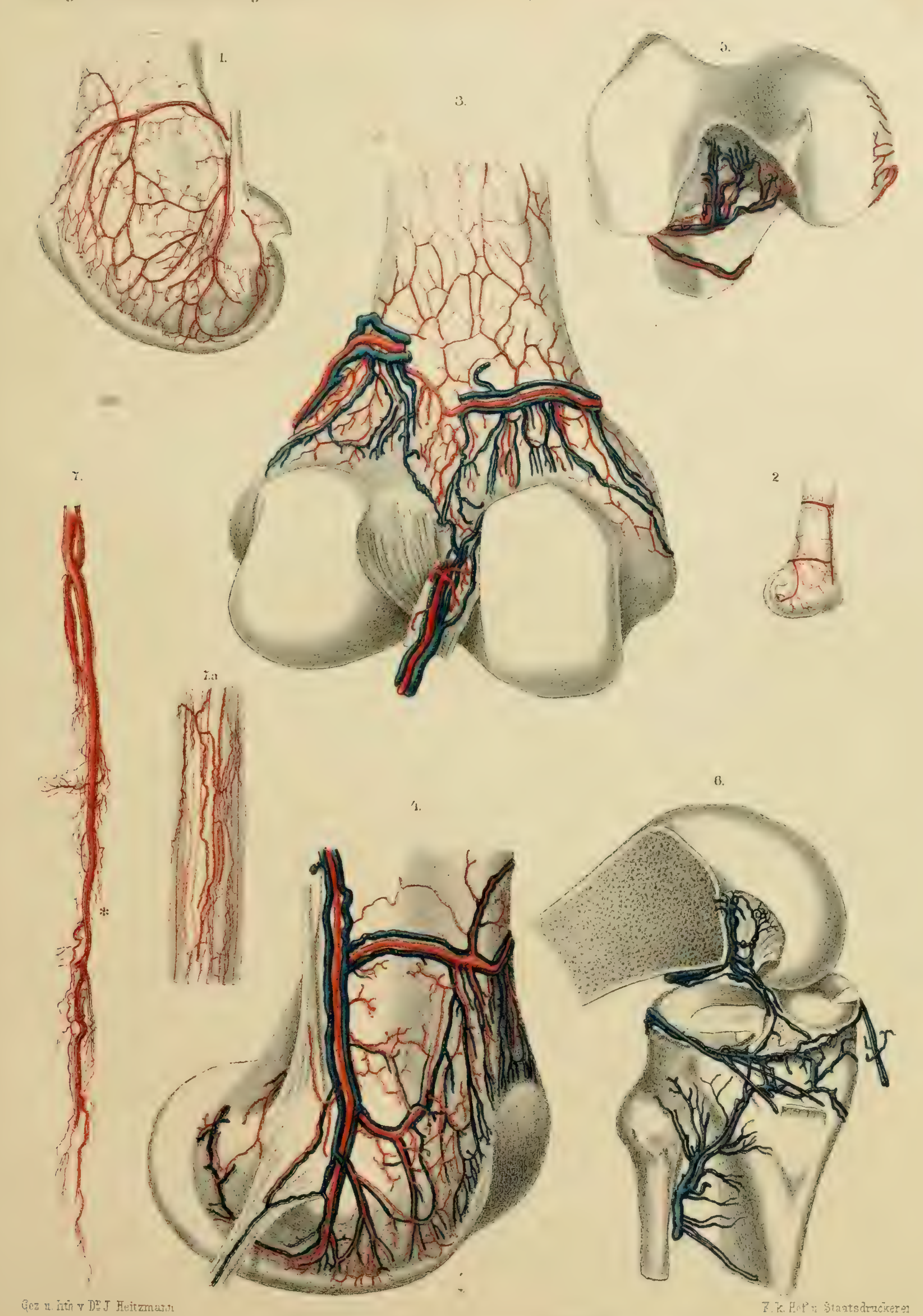
„ 52. Querschnitt-Lamelle aus dem Femur eines etwa 4 Monate alten Rindsembryo zur Darstellung der Gefässnetze in den inneren Markräumen.

„ 53. Segment der Knorpelfuge des unteren Femurendes eines ungefähr 17 Jahre alten Mannes.

„ 54. Ein ähnliches Segment, worin die Fugenscheibe bereits verknöchert ist, aber noch inselförmige Einlagerungen von verkalktem Knorpel enthält.

„ 55. Sagittal mediane Durchschnittslamelle des Femur eines 3jährigen rhachitischen Kindes.

„ 56. Einer der krankhaft vergrösserten Markraumfortsätze der Diaphyse mit seinen Gefäsen stärker vergrössert.



Gez. u. lith. v. Dr. J. Heitzmann

K. k. Hof- u. Staatsdruckerei



11.

14.

12.

8.

9.

10.

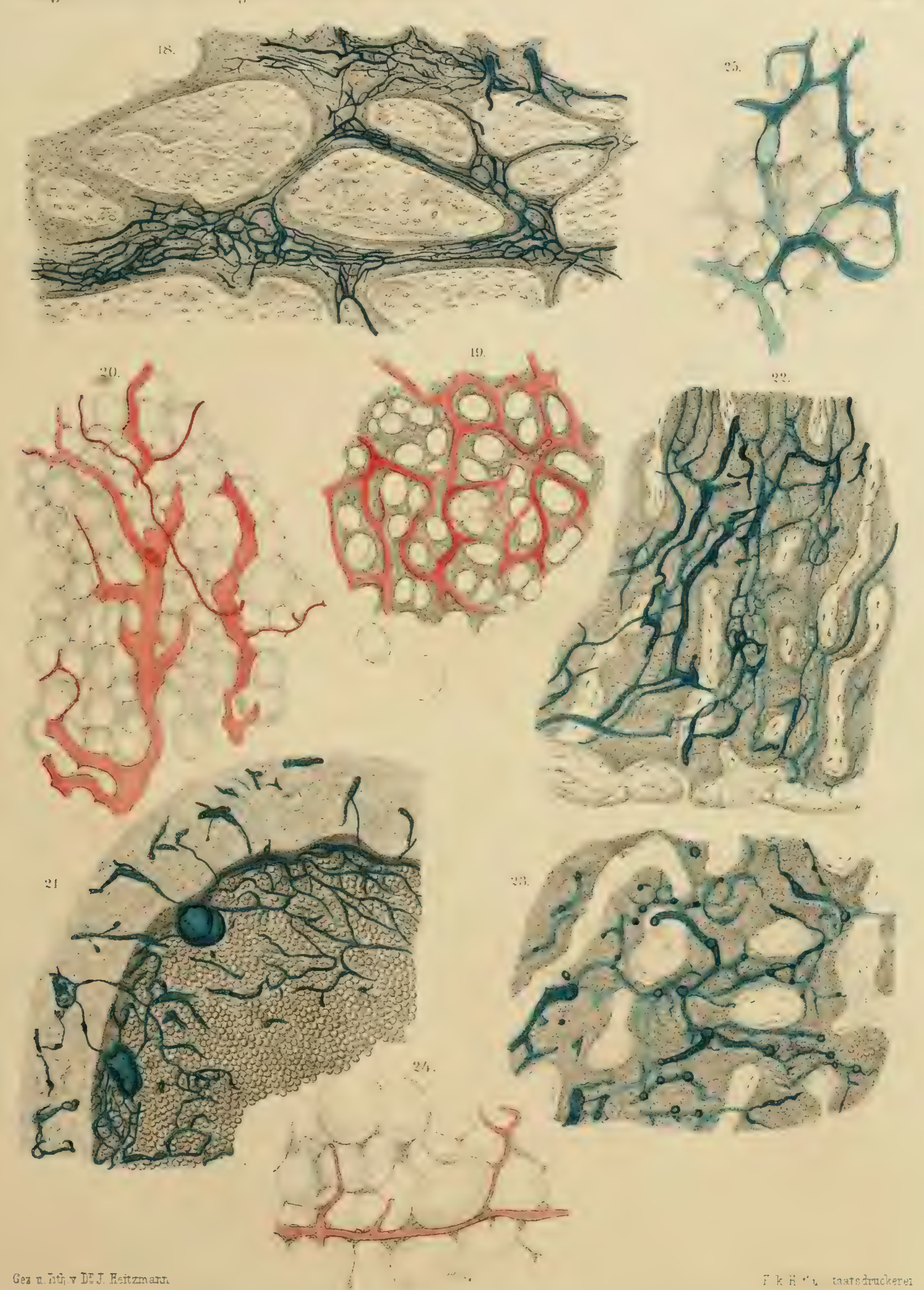
13.

16.

17.

15.

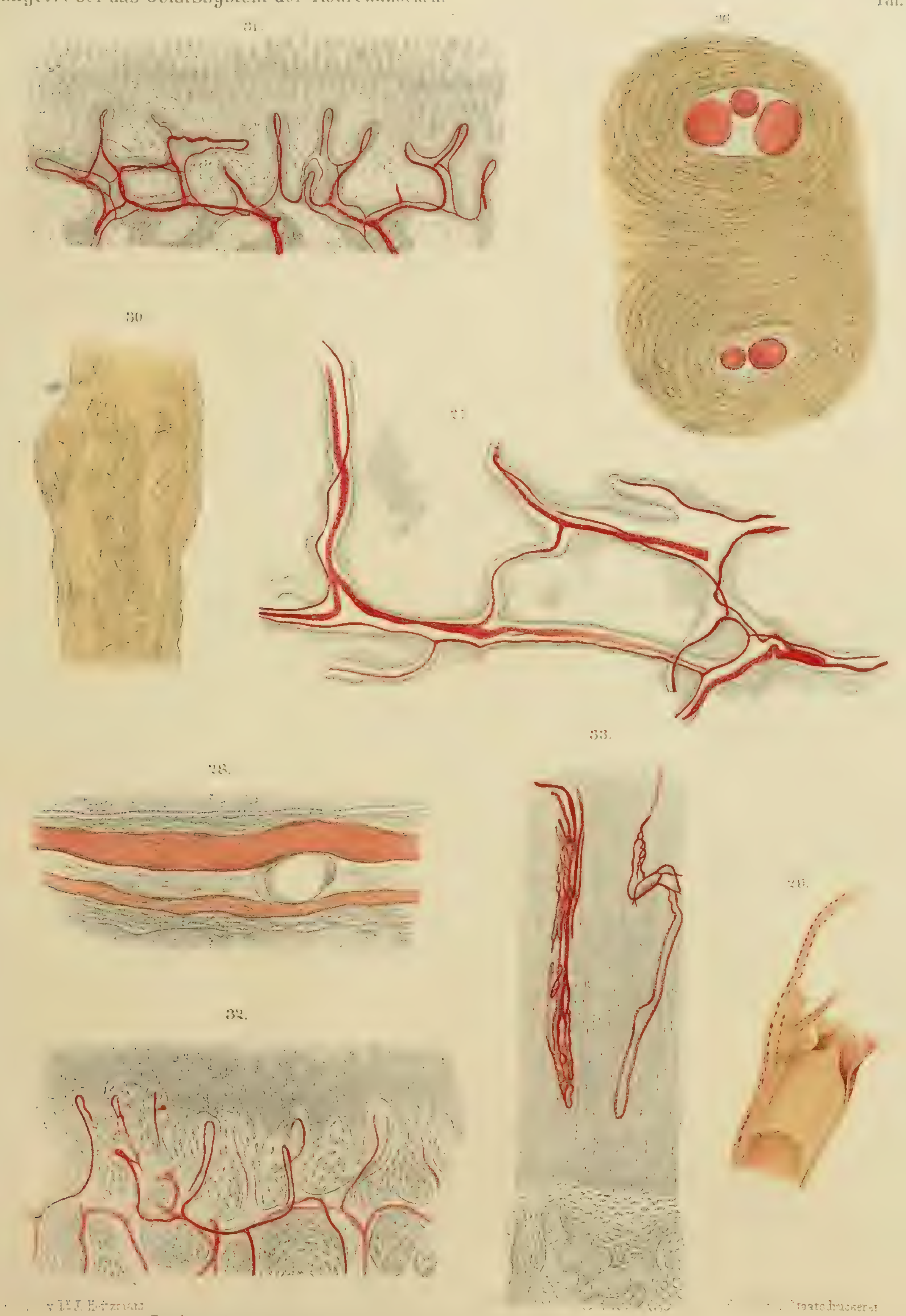




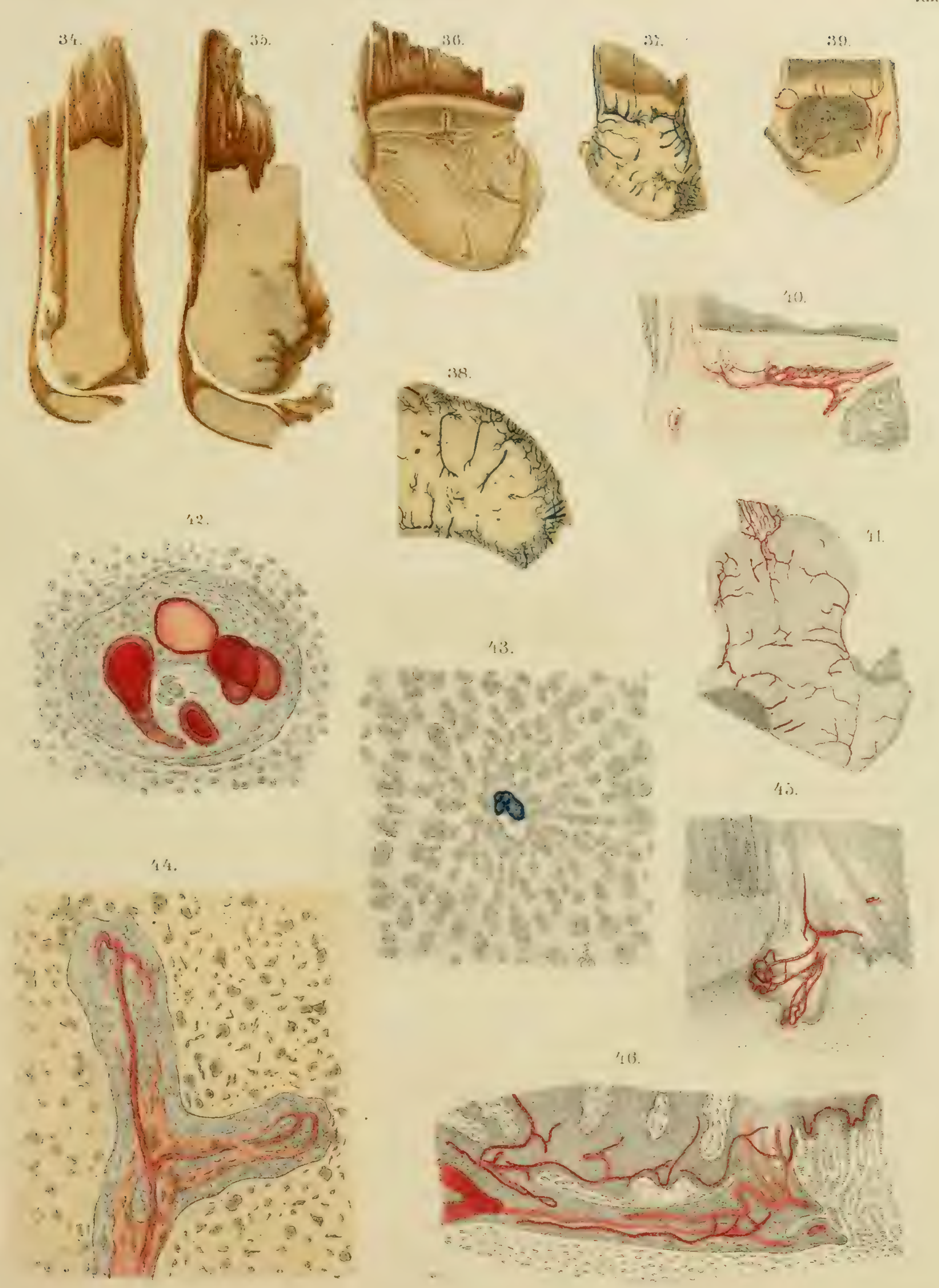
Gez. u. lith. v. Dr. J. Heitzmann

K. k. Hof- u. Staatsdruckerei




31.
30
28.
32.
33.





Gez. v. Dr. J. Heitzmann u. H. Stadler, lith. v. Dr. J. Heitzmann. K. k. Hof- u. Staatsdruckerei.



gez. v. Dr. J. Heitzmann u. H. Stadler, lith. v. Dr. J. Heitzmann.

K. k. Hof- u. Staatsdruckerei



CONSTRUCTION DES REFLEXIONSGONIOMETERS.

VON

VIKTOR VON LANG,

WIRKLICHEM MITGLIEDE DER KAISERLICHEN AKADEMIE DER WISSENSCHAFTEN.

(Mit 3 Tafeln.)

VORGELEGT IN DER SITZUNG DER MATHEMATISCH-NATURWISSENSCHAFTLICHEN CLASSE, AM 22. JULI 1875.

I. Seitdem Mitscherlich[1] die Anwendung des Fernrohrs beim Reflexionsgoniometer lehrte, wurde letzteres in mannigfaltigen Formen ausgeführt, mitunter aber auch noch in der ursprünglichen Gestalt. Ich selbst habe mit den verschiedensten Instrumenten gearbeitet und hatte so Gelegenheit, die Vorzüge und Nachtheile der verschiedenen Constructionen kennen zu lernen. Auf Grund dieser Erfahrungen entwarf ich die Skizze für ein Goniometer, das mein Freund, Prof. N. S. Maskelyne, 1865 von der renommirten Firma Powell and Lealand in London ausführen liess. Dieses Instrument bildet auch die eigentliche Grundlage der hier mitgetheilten Zeichnungen[2] und nur einzelne Details wurden bei der Ausarbeitung auf Grund weiterer Erfahrungen geändert. Aber auch diese so verbesserten Zeichnungen dienten schon Herrn Jürgenson, Inhaber der rühmlichst bekannten Firma: Prof. E. Jünger's mech. Etabl. in Kopenhagen zur Anfertigung eines Goniometers, das auf der Wiener Weltausstellung 1873 ausgestellt war und das sich nunmehr, wie ich glaube, im Besitze der Aachner polytechnischen Schule befindet.

Nachdem nun so der praktische Werth dieser Zeichnungen sich gezeigt hat, glaube ich dieselben einem grösseren Kreise mittheilen zu sollen. Zuvor aber sage ich Herrn Prof. J. Kenner in Pest meinen besten Dank für die grosse Freundlichkeit, mit welcher er mich schon vor Jahren bei der Anfertigung der Zeichnungen unterstützte.

II. Das auf den Tafeln I bis III dargestellte Instrument dient ausser zur Messung von Krystallwinkel auch zur Bestimmung von Brechungsquotienten fester Körper und zur Ermittlung des Winkels der optischen Axen. Die Basis desselben bildet ein Dreifuss A, dessen Dimensionen sich aus Fig. 18 ergeben. Die Richtung des längeren Fusses wollen wir im Nachfolgenden als Längsrichtung bezeichnen. Wenigstens zwei der Füsse sind mit Stellschrauben versehen. Der Dreifuss, sowie alle anderen Metallbestandtheile, wo nicht etwas anderes angegeben, sind aus Messing.

---

[1] E. Mitscherlich: Über ein Goniometer. Abhandlungen der Berliner Akademie für 1843, S. 189.

[2] Insbesondere war an diesem Instrumente zum ersten Male die im Nachfolgenden beschriebene Justirvorrichtung angebracht worden.

Auf dem Kreuzungspunkte der Füsse erhebt sich nun ein Conus *B* (Fig. 1, vertikaler Längsschnitt durch die Axe des Instrumentes) der mit Hilfe einer Zug- und dreier Druckschrauben ein nahezu würfelförmiges Lagerstück *C* trägt. Dieses Stück ist nach der Längsrichtung horizontal durchbohrt, für die Axe *D* des Limbus *E*, welche aus Rothguss gedreht und ebenfalls durchbohrt ist für die Stahlaxe *F* des Krystallträgers *G*. Die beiden concentrischen Axen werden durch die Scheiben *H* und *I* bewegt. Was aber die Feststellung der Axen betrifft, so kann die Limbusaxe *D* durch die Klemmvorrichtung *K* festgeklemmt und noch etwas mikrometrisch gedreht werden. Fig 2 gibt den Querschnitt dieser Klemmvorrichtung, Fig. 3 eine Ansicht der zugehörigen Mikrometerschraube von unten. Ebenso kann die Axe *F* des Krystallträgers durch die Vorrichtung *L* festgestellt und fein bewegt werden. Fig. 9 gibt den Querschnitt dieser Klemmvorrichtung und Fig. 10 wieder die Ansicht der Mikrometerschraube von unten. Letztere Klemmvorrichtung ist für Messungen von Krystallwinkeln allerdings überflüssig, dagegen bei Bestimmung von Brechungsquotienten unentbehrlich, da in diesem Falle bei feststehendem Prisma die Ablenkung für die verschiedenen Farben bestimmt werden muss.

Dagegen erfordert das Messen von Krystallwinkeln, dass Krystallträger und Limbus fest mit einander verbunden werden können. Diess geschieht durch die Klemmvorrichtung *M*, welche ebenfalls mit Mikrometerschraube versehen ist. Fig. 7 gibt eine Ansicht dieser Vorrichtung von rechts, Fig 8 eine Ansicht von oben.

Der Krystallträger *G* ist längs der zugehörigen Axe *F* verschiebbar und wird durch eine Schraube *O* festgestellt. Während Fig. 1 einen verticalen Schnitt des Trägers darstellt, gibt Fig. 5 einen horizontalen ebenfalls durch die Axe des Instrumentes geführten Schnitt. Der Krystallträger zerfällt in zwei Theile, in die Vorrichtungen zum Centriren und Justiren. Durch erstere Vorrichtung wird irgend ein Punkt in die Drehungsaxe gebracht, mit Hilfe zweier zu einander und zur Drehungsaxe senkrechter Schlitten, die durch die Schrauben *P* und *Q* bewegt werden. Fig. 12 gibt die Ansicht dieser Schlitten von vorne, Fig. 13 ein weiteres leicht verständliches Detail.

Ähnlich besteht der Justirungsapparat, welcher dazu dient eine Krystallkante parallel der Drehungsaxe zu machen, aus zwei zu einander senkrechten Bewegungen. Diese Bewegungen geschehen aber im Kreise durch zwei Schrauben ohne Ende, *R* und *S*. Die beiden gezähnten Kreissegmente, auf welche diese zwei Schrauben wirken, haben ungleichen Radius, so dass ihre Mittelpunkte zusammenfallen. Man erreicht hiedurch, dass die Centrirung einer im gemeinsamen Mittelpunkte befindlichen Krystallkante, durch die nachfolgende Justirung nicht wesentlich gestört wird. Fig. 4 gibt eine Ansicht der ersten Kreisbewegung von vorne, Fig 6 eine solche der zweiten Kreisbewegung von oben, Fig. 12 eine Ansicht der ganzen Justirvorrichtung von links.

Endlich ist der Krystallträger mit einer kleinen abnehmbaren gestielten Metallplatte *T* versehen, worauf gewöhnlich mit Wachs der zu messende Krystall befestigt wird.

Das Lagerstück *C* trägt ferner auch die zum Theilkreise gehörige Alhidade mit zwei Nonien, welche symmetrisch vorn und hinten liegen, aber nur um 90° von einander abstehen, da sonst die Ablesung zu unbequem wird.

III. Die bisher beschriebenen Vorrichtungen sind nöthig für jede Anwendung des Instrumentes; der optische Theil ist jedoch verschieden nach dem Zwecke, den das Instrument zu erfüllen hat.

Beginnen wir mit dem Messen von Krystallwinkel. Hierzu ist ein aus Fernrohr *Y* und Collimator *Z* combinirtes System nöthig; jedes der beiden Rohre ist hiebei folgenderweise befestigt. Eine vertikale Säule *U* trägt ein gabelförmiges Lagerstück *V*, welches auf einer Schneide aufsitzt und so mit Hilfe zweier Zugschrauben um eine horizontale dem Limbus parallele Axe gedreht werden kann; siehe Fig. 1, wo der Längsschnitt in diesem Theile der Zeichnung durch die Axe der Säule *U* geführt ist. In der erwähnten Gabel ist das durch zwei Schrauben festgehaltene Rohr um eine der Längsrichtung parallele Axe drehbar. Die Säule selbst ist mittelst einer Mutter an die Messingschiene *W* geschraubt, kann aber durch zwei Stellschrauben und einem mit der Säule verbundenen Zapfen noch etwas um eine verticale Axe gedreht werden, wie dies

aus Fig. 18 ersichtlich wird, welche eine Ansicht der Schiene W von oben gibt. Diese Figur zeigt, dass auf gleiche Weise die Schiene W in ihrer Mitte an den Dreifuss A mit Hilfe der Schraube Σ befestigt ist. Der Dreifuss hat zu diesem Zwecke einen Zapfen X, von den zwei auf denselben wirkenden Stellschrauben der Schiene, hat aber hier die eine einen gerändelten Kopf. Soll nämlich Fernrohr und Collimator behufs anderer Beobachtungen entfernt werden, so wird blos die Letztere der beiden Stellschrauben gelüftet, wodurch die richtige Einstellung der Schiene W augenblicklich wieder hergestellt werden kann. Dieselbe Einrichtung ist auch bei den andern Stücken getroffen, die an gleicher Stelle auf den Dreifuss zu befestigen sind.

Durch die beschriebenen Einrichtungen ist es möglich, die optischen Axen beider Rohre in eine zur Drehungsaxe senkrechte Ebene zu bringen. Um die Rohre aber in der Lage festzuhalten, wo die optischen Axen durch die Drehungsaxe selbst gehen, schlägt jedes Rohr gegen eine Stellschraube, die durch das Lagerstück V geht, wie dies aus Fig. 11 erhellt, welche einen durch die Axe der beiden Rohre geführten Querschnitt darstellt.

Was die optische Einrichtung der beiden Rohre betrifft, so ist zu bemerken, dass das Beobachtungsfernrohr G nothwendig mit einem Huyghen'schen Ocular versehen sein muss, weil ein grosses Gesichtsfeld die Untersuchung kleinerer Kystalle wesentlich erleichtert. Das Fernrohr wird natürlich auf Unendlich eingestellt trägt aber vorn eine Lupe welche zurückgeschlagen werden kann (Fig. 15). Die Brennweite dieser Lupe ist nämlich gleich ihrem Abstande von der Instrumentalaxe, so dass man bei vorgeschlagener Lupe den Krystall selbst sieht.

Der Collimator Z besteht nur aus Objectivlinse und Fadenkreuz, letzteres ist durch eine Glasplatte von der Wärmewirkung der Lampe welche zur Beleuchtung dient, geschützt. Die Objectivlinsen der beiden Rohre brauchen nicht achromatisch zu sein, wodurch natürlich an Lichtstärke gewonnen wird.

Eine nützliche Zugabe für das Messen der Krystalle ist noch ein Schirm aus Pappe, wie er in den Fig. 16 und 17 angedeutet ist. Bei kleinen Krystallen ist nämlich das seitliche Licht der Beleuchtungsflamme sehr störend, anderseits kann man aber auch nicht dieses ganze seitliche Licht abblenden, weil die der eigentlichen Beobachtung vorhergehenden und nachfolgenden Nebenoperationen ebenfalls Licht bedürfen. Ähnliche Schirme sind auch bei den folgenden Anwendungen des Instruments von Vortheil.

IV. Soll zweitens das Instrument zur Messung von Brechungsquotienten verwendet werden, so muss der optische Theil wieder aus einem Beobachtungsfernrohr a und Collimator b bestehen. Letzteres enthält jedoch statt des Fadenkreuzes für gewöhnlich eine horizontale Spalte, welche in Fig. 20 von hinten gesehen, gezeichnet ist. Auch wird jetzt blos der Collimator allein mit dem Dreifuss verbunden. Zu dem Zwecke, Fig. 19, ist die Trägerplatte c des Collimators an die vertikale Seite eines rechtwinklig gebogenen Armes d geschraubt, wobei jedoch noch Spielraum zur Verschiebung in horizontaler und vertikaler Richtung bleibt. Der Arm d wird mit Hilfe der Schraube Σ an den Dreifuss befestigt und durch die auf den Zapfen X wirkenden Stellschrauben so gestellt, dass die Collimatoraxe senkrecht zur Drehungsaxe wird. Durch die zuvor angegebene Verschiebung kann aber auch noch erreicht werden, dass die Drehungsaxe in ein und demselben Punkte von Fernrohr- und Collimatoraxe getroffen wird.

Das Beobachtungsfernrohr a muss in diesem Falle mit dem Limbus fest verbunden werden, wozu wieder ein rechtwinkliger Arm e dient, der mit Hilfe zweier Schrauben an dem Limbus befestigt wird (Fig. 1 und Fig. 21). Von diesen Schrauben wirkt die eine zugleich als Gegengewicht für das Fernrohr, welches durch zwei Zug- und zwei Druckschrauben mit dem Arm a verbunden ist. Hiedurch kann die Axe desselben wieder senkrecht zur Drehungsaxe und mit ihr zum Durchschnitt gebracht werden. Im Übrigen ist dieses Beobachtungsfernrohr, so wie das frühere eingerichtet, nur sind hier achromatische Objective vorzuziehen Eine Vorstecklupe ist in diesem Falle eigentlich nicht nöthig, da die Einstellung kleiner Prismen bequemer mit dem System zum Winkelmessen bewirkt wird.

Die zweckmässigste Stellung des Beobachtungsfernrohrs zum Nullpunkt der Theilung dürfte wohl die sein, wo bei directer Anvisirung der Spalte der Nonius auf 180° zeigt.

V. Was endlich das optische System zum Messen des Winkels optischer Axen betrifft, so hat dasselbe wieder einen gemeinsamen Träger, nämlich ein gabelförmiges Stück *f*, an dessen Arme die Trägerplatten *g*, *h* der beiden Rohre mit einigem Spielraum befestigt sind (Fig. 22). Hiedurch und durch die auf den Zapfen *X* wirkenden Stellschrauben des Stückes *f*, kann die Axe des Beobachtungsfernrohres *i* senkrecht und in gleiche Höhe zur Drehungsaxe gestellt werden. Für das zweite Rohr *k* ist hier diese senkrechte Stellung nicht erforderlich, da es in diesem Falle nur zur Beleuchtung dient.

Beide Rohre sind natürlich mit polarisirenden Vorrichtungen versehen. Wegen weiterer Details über die Einrichtung dieser Rohre verweise ich auf meine Mittheilung: Verbesserter Axenwinkelapparat, Sitzungsb. der mathem.- naturw. Cl., Bd. 55, Abth. II. 1867.



C

V

Fig. 2.

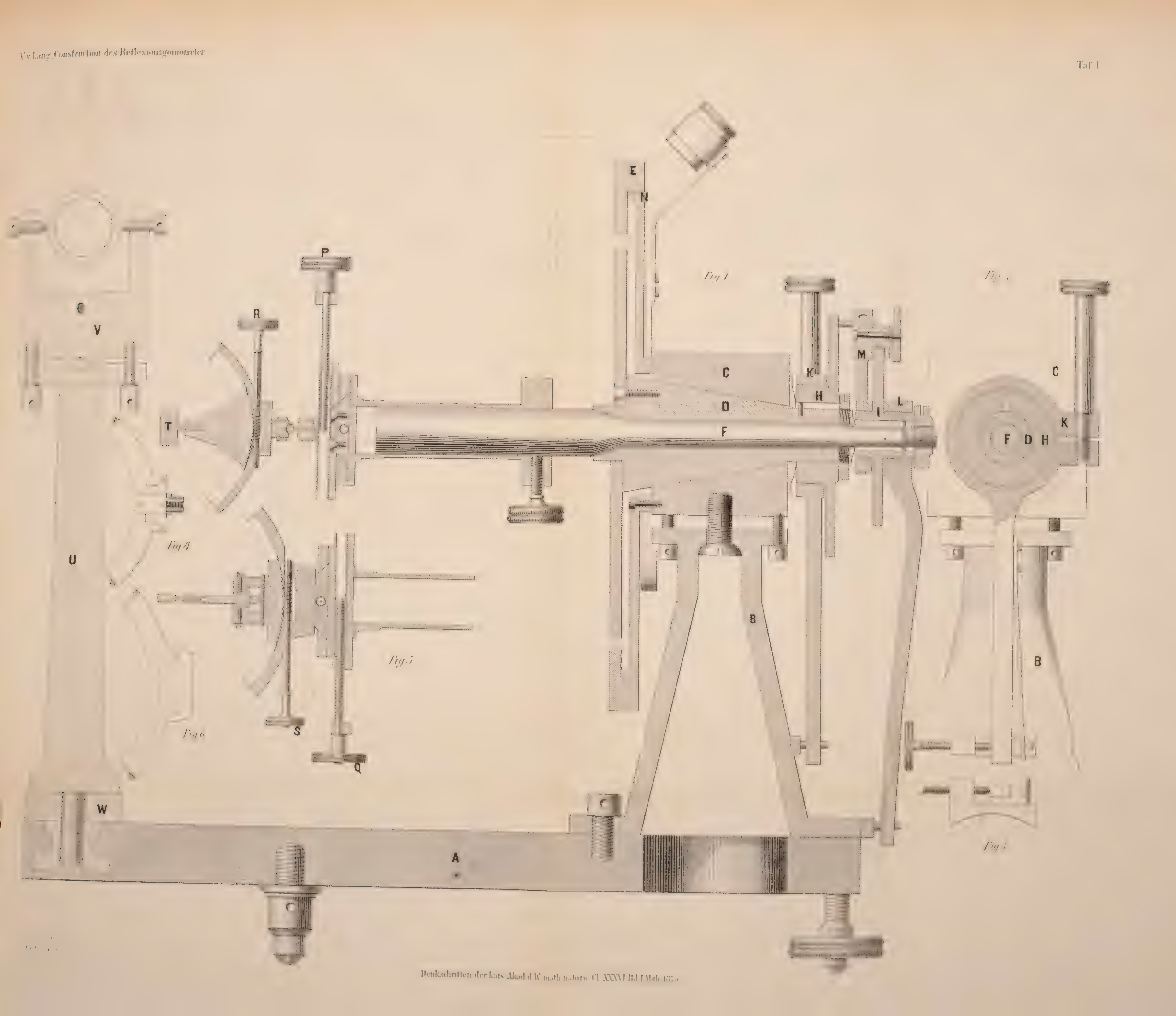
C

L

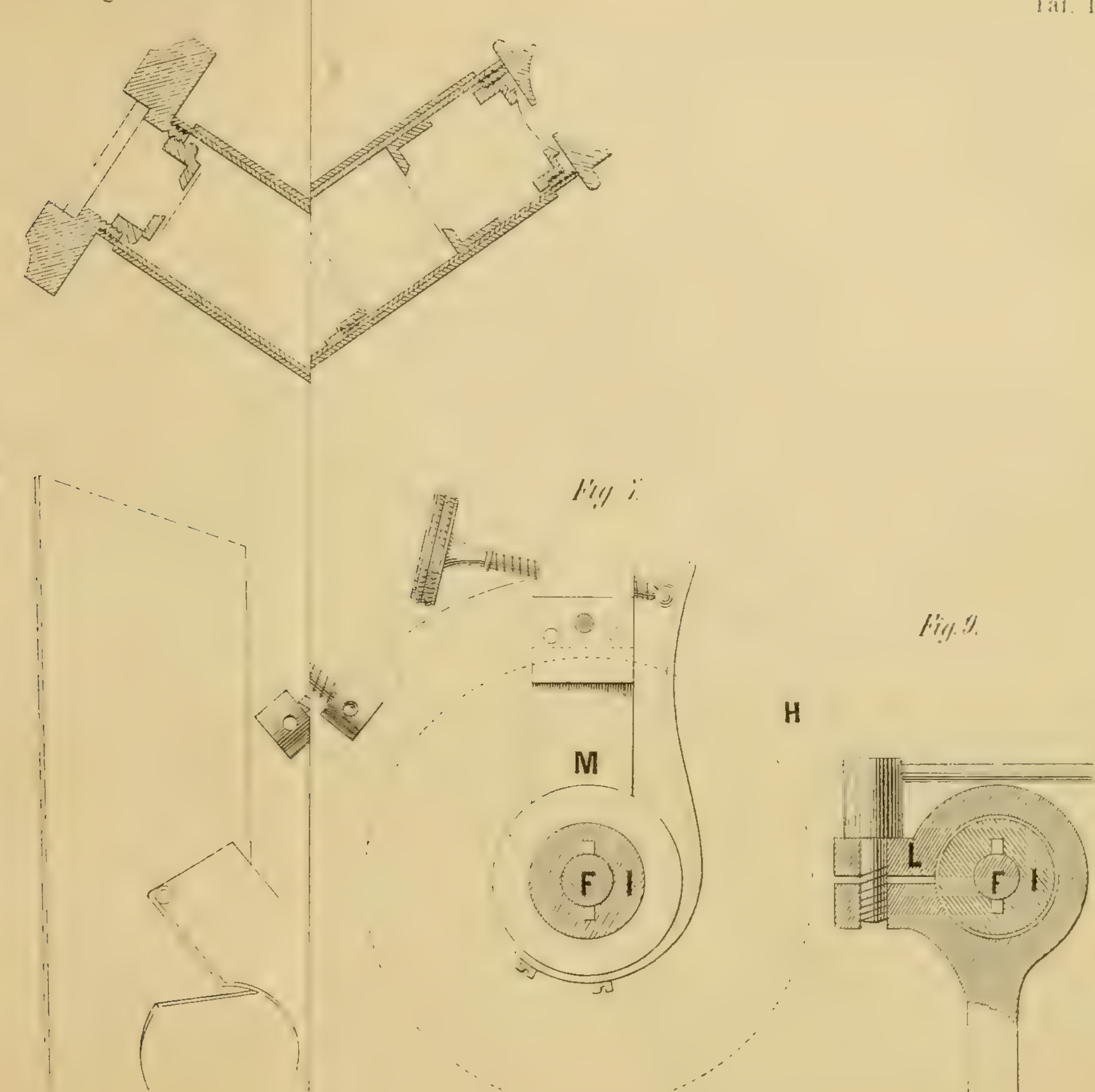
T

K

F D H


Fig. 1
Fig. 2
Fig. 3
Fig. 4
Fig. 5
Fig. 6
A
B
C
D
E
F
H
I
K
L
M
N
O
P
Q
R
S
T
U
V
W




Fig. 7.
M
F
I
H
Fig. 9.
L
F
I

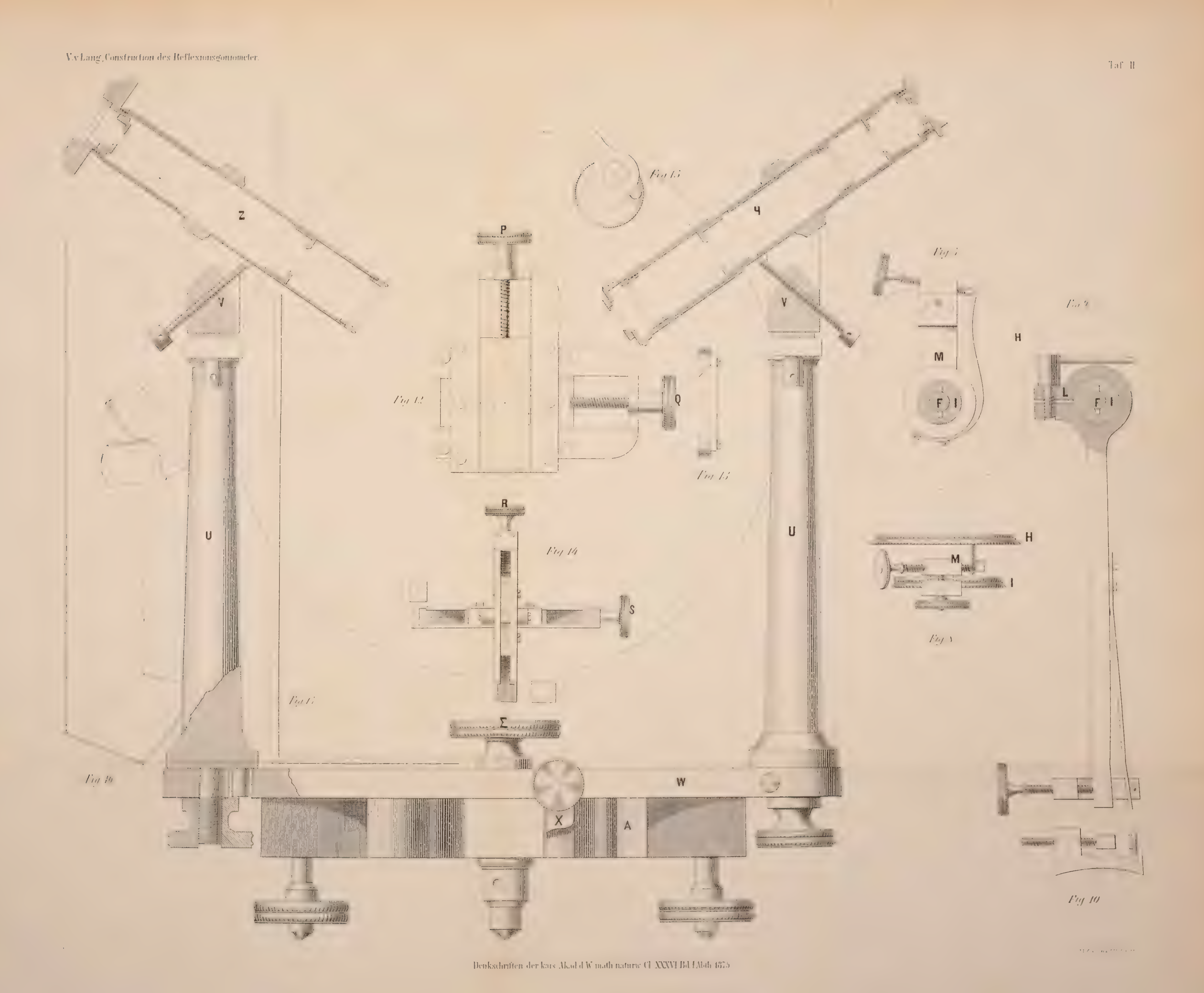

Z
P
Fig 12
Q
R
Fig 14
S
Σ
V
V
U
U
W
X
A
H
M
F
I
L
H
M
I
Fig 10



Fig. 20.

Fig. 22.

b

i

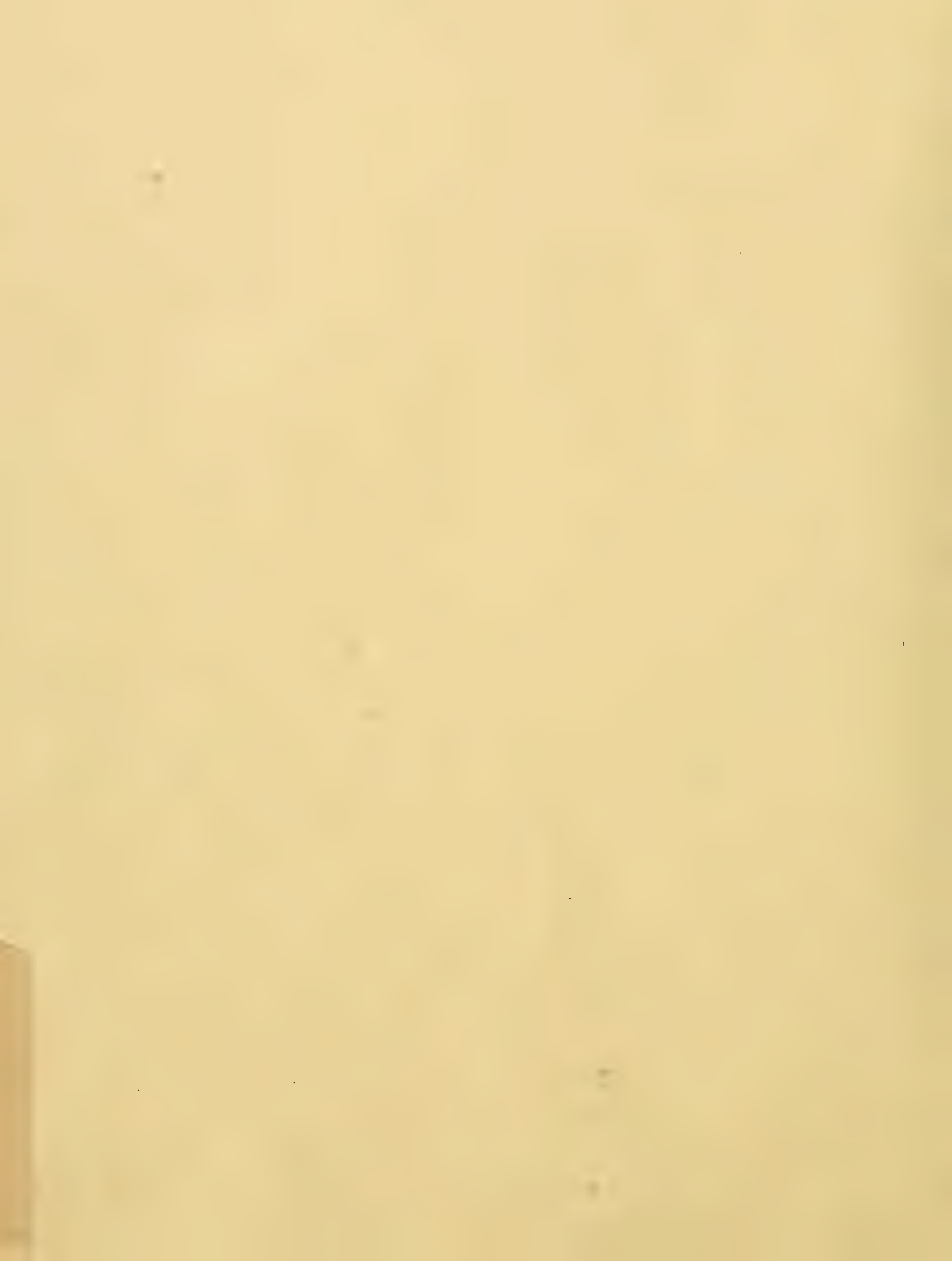


Fig. 20

Fig. 21

Fig. 19

W

a

b

k

i

F

D

C

h

g

A

Σ

Σ

X

X

d

f

A

A



Zweite Abtheilung.

Abhandlungen von Nicht-Mitgliedern der Akademie.

Mit 25 Tafeln.

DIE TYMPANALEN

SINNESAPPARATE DER ORTHOPTEREN.

VON

DR. VITUS GRABER,

PRIVATDOCENTEN AN DER UNIVERSITÄT ZU GRAZ

(Mit zehn Tafeln und einem Holzschnitte.)

VORGELEGT IN DER SITZUNG DER MATHEMATISCH-NATURWISSENSCHAFTLICHEN CLASSE AM 28. APRIL 1875.

Wenn man bedenkt, dass die tympanalen Sinnesapparate der Geradflügler Einrichtungen von ganz aparter Natur sind, wie wir sie im ganzen grossen Heere der Arthropoden nicht wieder finden und aus diesem Grunde zu vielseitigen Erwägungen Anlass genug darbieten, so darf man sich in der That darüber verwundern, dass man sich mit dem, was bisher darüber bekannt geworden, zufrieden gibt, und dass man die allgemein verbreitete Ansicht, nach welcher wir es da mit wahrhaftigen Gehörorganen zu thun hätten, fast für selbstverständlich hinnimmt.

Die vorliegende Monographie, das Resultat unausgesetzter zweijähriger Studien, setzt sich nun vor Allem den Zweck, wir möchten sagen die fraglichen Gebilde erst in den Kreis der wissenschaftlichen Probleme einzuführen, indem darin zunächst ersichtlich gemacht werden soll, was es in dieser Richtung noch zu arbeiten gibt, bevor wir sagen dürfen, dass wir mit dem Wesen derselben nur einigermassen vertraut sind.

Was unsere eigenen Untersuchungen anlangt, so haben wir uns keineswegs damit begnügt, den Bau dieser merkwürdigen Gebilde an und für sich auf das allergenaueste zu analysiren, unser Hauptaugenmerk war, von der Erforschung des Functionellen abgesehen, auch auf die Frage gerichtet, wie weit man es da mit ganz specifischen Theilen zu thun habe, und ob manche der als solche angesprochenen auf einfachere, mehr indifferente Zustände zurückgeführt werden können.

Das Ziel aber, was uns bei diesen vergleichend morphologischen Studien vorschwebte, war eigentlich kein geringeres, als die Untersuchung sämmtlicher hier in Betracht kommenden Formen- und Bildungsreihen.

Wer aber die grosse Zahl der betreffenden Insectenarten, ihre schwere Beschaffung, namentlich aber die schlechte Conservation der exotischen Spiritussachen näher kennt, und ausserdem auch den Umstand nicht ausser Acht lässt, dass, bei unserem zeitraubenden Gymnasialdienst, der gute Wille allein nicht Alles vermag, der wird es auch leicht begreiflich finden, dass das, was wir wirklich erzielten, hinter dem, was wir erzielen wollten und unter günstigeren Umständen auch wirklich hätten erzielen können, sehr weit zurückgeblieben ist.

Einen wesentlichen Antheil an dem wenigstens theilweisen Gelingen meines Vorhabens muss unstreitig dem Herrn Hofrath Dr. C. Brunner v. Wattenwyl in Wien zugeschrieben werden, der uns mit fast bei-

spielloser Liberalität seine orthopterologischen Schätze zur Verfügung stellte, wofür wir diesem edlen Gönner der Wissenschaft hiemit den wärmsten Dank öffentlich aussprechen. Ebenso sind wir Herrn Custos A. Rogenhofer sehr verbunden, der uns mit einigen sehr interessanten, von H. Saussure bestimmten Gryllodeen des Wiener Hofmuseums bekannt machte.

Bezüglich der hier befolgten Darstellung möchte es vielleicht auffallen, dass wir die bisherigen Arbeiten über unseren Gegenstand, unter denen die bescheidenen Blätter des Entdeckers dieser Gebilde, nämlich des Herrn Prof. v. Siebold, wohl den ersten Rang einnehmen, in allzugrosser Ausführlichkeit mitgetheilt haben. Solches geschah aber aus folgenden Gründen: Da unser Opus des umfangreichen Materiales wegen eine ziemlich breite Anlage erforderte, so schien es uns nicht unpassend, in Einem auch alles Wesentliche der früheren Daten aufzunehmen und so dem ganzen Gegenstand einen gewissen Abschluss zu geben; dann mussten wir dieses zum Theil auch thun, einerseits, um das, was von uns entdeckt wurde, dem Leser zu vergegenwärtigen, und andererseits, um gewisse schwierigere Fragepunkte, hinsichtlich welcher wir von unseren Vorgängern abweichen, entsprechend ventiliren zu können.

Zum Schlusse dieser einleitenden Worte erlauben wir uns noch der Hoffnung Ausdruck zu geben, dass man sich bei der Untersuchung der noch fraglichen Sinnesorgane der Insecten nicht länger mehr durch das alberne Bedenken abschrecken lasse, dass wahrscheinlicherweise dabei ohnehin nicht viel herauskomme; das Hauptziel des Zoologen ist ja nicht die Erkenntniss der Function, sondern jene der Formenbildung, deren Erforschung ganz und gar in unsere Macht gegeben ist.

I. Abschnitt.

Bau des tympanalen Sinnesapparates der Gryllodeen und Locustinen.

I. Die äusserlichen (integumentalen) Tympanalgebilde: Trommelfell und Trommelfelldeckel.

Die tibialen Tympana [1] der Laubheuschrecken und Grillen scheinen noch nicht lange bekannt zu sein. Nach Siebold's Mittheilungen [2] wäre Burmeister [3] der erste gewesen, der ihrer ausdrücklich erwähnte, und ausser einigen Formen, denen sie gänzlich abgehen, bereits auf die drei Hauptformationen hinwies, wie sie in jüngster Zeit wieder von Dr. Brunner [4] aufgeführt werden.

Die erste und bisher auch die einzige genauere Beschreibung dieser schon auf den ersten Blick gar merkwürdigen Gebilde verdanken wir aber Siebold, der dieselben, zunächst veranlasst durch Joh. Müller's Untersuchungen [5] der Tympanalorgane der Schnarrheuschrecken, mit der Schallperception in Zusammenhang brachte, und, wie bekannt, auch den innern Bau und besonders die eigenthümlichen Nervenendigungen dieser Region, die wir künftig kurz als Tympanalgegend bezeichnen wollen, untersucht hat.

Beiderseits des etwas angeschwollenen Abschnittes unter dem Knie der Vordertibia der Locustinen fand Siebold in einer flachen Vertiefung eine längsovale Öffnung, welche durch eine Membran, das Trommelfell, verschlossen ist. Jedes Trommelfell besteht nach Siebold aus zwei Theilen. Den einen Theil bildet eine dünne elastische und silberglänzende Membran, welche mit Ausnahme des Vorderrandes von dem ganzen Umfang der ovalen Öffnung der Tibia entspringt und nach vorne einen halbmondförmigen Ausschnitt besitzt, in welchem der andere Theil des Trommelfelles liegt.

[1] Es ist sehr misslich, dass der Terminus „Tympana" noch für eine zweite Körperbildung, nämlich für das spiegelartige Basalfeld der Élytren in Verwendung kommt. Es wäre wohl an der Zeit, dass die Systematiker dies einsehen und für den genannten Flügeltheil eine anderweitige Bezeichnung wählen möchten, wenn ihnen der Ausdruck „speculum" nicht zusagt.

[2] Über das Stimm- und Gehörorgan der Orthopteren. Wiegmann's Archiv für Naturgeschichte. 1844.

[3] Handbuch der Entomologie, Bd. II, S. 669 u. 670.

[4] Über die äusseren Gehörorgane der Orthopteren (Verh. d. k. zool.-bot. Ges. in Wien. 1874).

[5] Zur vergleichenden Physiologie des Gesichtsinnes. Fragment zur Physiologie des Gehörsinnes, p. 439.

„Dieser stellt eine theils schwarz, theils braun gefärbte ovale Scheibe von festem, hornigem Gefüge dar, welche die zwischen dem Vorderrande und der ovalen Öffnung der Tibia und dem halbmondförmigen Ausschnitt der silberglänzenden Membran übriggebliebene Lücke vollständig ausfüllt.“

So fand es Siebold bei *Barbitistes autumnalis* Chp., *Meconema varia* Fabr., *Phaneroptera falcata* Scop. und *Phylloptera cassinaefolia* Serv.

Bei der grösseren Anzahl der Locustinen erkannte Siebold insoferne eine Abweichung vom beschriebenen Verhalten, als hier die Trommelfelle mehr oder weniger von einer hornigen Schale überwölbt werden, wodurch zwei Höhlen oder Kapseln entstehen, in welchen die beiden Trommelfelle ungesehen verborgen liegen und zu welchen eine an der Vorderseite der Tibia angebrachte doppelte Längsspalte einen Eingang bildet.

Die Entwicklung der hornigen Trommelfellschalen fand Siebold übrigens sehr variabel. Bei manchen Formen (z. B. *Pseudophyllus neriifolius* Serv. und *Acanthodis aquilina* Serv.) sind sie stark nach aussen gewölbt und vom vorderen Trommelfellrande weiter abstehend (vergl. Siebold's Fig. 9). Bei anderen dagegen (z. B. *Saga*, *Conocephalus* u. s. w.) sind die Eingänge in die Trommelfellkapseln enger, ritzenförmig, während bei *Hetrodes pupa* Fabr. die Überwölbung der Tympana eine geringere Ausdehnung erreicht, und so „die Mitte zwischen den beiden Hauptformen dieses Organes hält“.

Aus der Abtheilung der Gryllodeen untersuchte Siebold *Gryllus campestris*, *domesticus* und *achatinus* Burm., und fand an der äusseren Seite der beiden Vordertibien „eine in einer länglichen Grube gelegene längsovale Öffnung, welche durch eine silberglänzende Haut verschlossen ist“.

Bei *Gryllus achatinus* fand Siebold ferner auf der entgegengesetzten inneren Seite eine ganz ähnliche aber viel kleinere „verschlossene Öffnung“, welche bei *Gr. campestris* rund und bei *Gr. domesticus* (was nebenbei bemerkt nicht richtig ist) ganz obliterirt erscheint, ein Verhalten, welches andeutungsweise schon früher von Aud. Serville[1] erwähnt worden war.

Bei der Gattung *Gryllotalpa* vermochte Siebold nichts etwas einem Trommelfell Ähnliches aufzufinden, ebenso wenig bei den stummen Blattinen und Forficulinen, die der unermüdliche, und wie wir gesehen haben auch hier vergleichend vorgehende Forscher nicht zu untersuchen vergass.

Leydig[2], der nach Siebold zuerst wieder die tympanalen Sinnesorgane in Untersuchung zog, bringt hinsichtlich der äusseren Trommelfellgebilde nichts Neues, und bei V. Hensen, der in seiner Arbeit über das Gehörorgan von *Locusta*[3] hauptsächlich nur die inneren Theile analysirte, ist hierüber gleichfalls wenig anzutreffen.

Die Trommelfelle der Gryllodeen und Locustinen, die wir künftig der Kürze halber und wegen ihrer nahen Verwandtschaft unter dem gemeinsamen Namen *Digastria*[4] aufführen wollen, sind durchaus nur auf die Vorderbeine beschränkt; an den Mittelbeinen, die fast ganz und gar mit den vorderen Extremitäten übereinstimmen, vermochten wir, bisher wenigstens, nirgends auch nur eine Spur von tympanaartigen Integumentverdünnungen aufzufinden; denn die geringfügigen Impressionen, die bei manchen der genannten Insecten an den den Trommelfellen entsprechenden Stellen der Vorder- so gut wie der Mitteltibien vorkommen, dürften wohl schwerlich mit unseren Organen eine nähere Verwandtschaft haben, wenn es gleich nicht, wie wir unten sehen werden, an zahlreichen Beispielen von rudimentären Trommelfellen mangelt.

Um die Lage dieser Gebilde genauer zu fixiren, denken wir uns die Vorderbeine, was sie auch in der That sind, als Queraxen des Körpers, und dem entsprechend derart gestellt, wie es die Mittelbeine wirklich sind.

---

[1] Histoire naturelle des Insectes Orthoptères, p. 327.

[2] Zum feineren Bau der Arthropoden. Arch. f. Anat. u. Phys. 1855, und sein Lehrbuch der Histologie.

[3] Das Gehörorgan von *Locusta*. Zeitschr. f. wissensch. Zoologie, 16. Bd.

[4] Die Bezeichnung *Digastria* oder *Diplogastera* beziehe ich auf die allen diesbezüglichen Formen zukommenden zwei Anhänge (Leber?) am Mitteldarm.

Wir heissen also die dem Leibe zugekehrte Fläche Innen- (*i*) und die davon abgewendete (in Fig. 4 dem Beschauer zugekehrte) Aussenfläche (*a*). Dann ergibt sich von selbst für die nach vorne (*v*) gekehrte Tibialwand der Ausdruck Vorder-, und für die entgegengesetzte die Bezeichnung Hinterfläche (*h*)[1].

Ausserdem denken wir uns durch die im Allgemeinen vertical auf dem Boden stehende Tibia drei Axen und drei Flächen gelegt, und nennen die längste Dimension derselben Verticalaxe, und eine quer durch das Bein auf diese senkrecht gelegte Ebene Querebene, in welcher wir die Verbindungsgerade der Innen- und Aussenfläche Queraxe und die darauf senkrechte, mit der Längsaxe des Körpers parallele Richtung Längsaxe nennen.

Einen Schnitt, der durch die Vertical- und Queraxe gelegt wird, heissen wir dann einen verticalen Querschnitt. Derselbe theilt das Schienbein in eine vordere und hintere Hälfte.

An den Vorderschienen jener *Digastria*, welche Trommelfelle besitzen, unterscheiden wir zweckmässig von oben nach unten drei Abschnitte. Der oberste, an das Knie angrenzende Abschnitt (Fig. 4, *gp*), gewöhnlich von cylindrischer nur nach aussen stärker gewölbten Form, wird vom folgenden, der seitlich die Trommelfelle (*T*) trägt, und den wir daher tympanalen Abschnitt nennen wollen, meist durch eine schon mit freiem Auge gut sichtbare äusserliche Einschnürung (supratympanale Impression, Fig. 4, 5 und 17 *p*) abgegrenzt.

Dieses letztere Tibialstück kommt an Länge ungefähr dem Knieabschnitt gleich, und beide zusammen messen circa ein Viertel des übrigen oder untern Tibialabschnittes.

Letzterer hat gewöhnlich eine halbcylindrische, beiderseits mit nach hinten gerichteten Stacheln bewaffnete Aussen- und eine mehr ebene und breite Innenwand (*Locusta*), oder es ist die Tibia (wie beim *Odontura*-Typus) schon vom Kniestücke an stark comprimirt.

Bei einigen Formen aus der Abtheilung der Gryllotalpiden, deren Vorderschienen, wie z. B. bei unserer Werre (Fig. 25 *ti*), als Scharr- und Grabinstrumente in Verwendung kommen, und daher auf Kosten der Länge eine breite, mehr oder weniger schaufelartige Gestalt annehmen, ist der untere Tibialabschnitt in der Regel bedeutend verkürzt, ja bei *Rhipipterix notata* und *marginata* Burm. aus Venezuela kommen die *Tympana* sogar ganz an das untere stark comprimirte und mässig verbreiterte Ende der Tibia zu liegen.

Bau der beiderseits offenen und geschlossenen Trommelfelle der Locustinen.

Zunächst wollen wir uns nun, um einen Ausgangspunkt für die vergleichende Betrachtung der äusseren Tympanalgebilde und deren Entwicklung zu gewinnen, das Verhalten derselben bei einigen Repräsentanten der Laubheuschrecken vor Augen führen.

Wir beginnen am zweckmässigsten mit den unbedeckten oder offenen Trommelfellen, wie wir sie an den einheimischen Gattungen *Odontura*, *Phaneroptera*, *Meconema* u. s. f. studiren können.

Der tympanale Abschnitt erscheint hier, und dasselbe gilt in der Regel auch für die Formen mit überwachsenen Trommelfellen, beträchtlich angeschwollen. Namentlich ist es die Aussenwand, die, von der Seite betrachtet, oft (*Meconema*, Fig. 10 *a*) buckelig über die Aussenrandlinie der Tibia hervortritt. Dasselbe beobachtet man auch bisweilen, wenn auch in geringerem Grade, an der Innenwand. Am auffallendsten fand ich diese Tympanalanschwellung bei einer *Phylloptera* aus Sta Fé de Bogota, wo die Aussen- und Innenfläche fast blasenartig hervortreten.

Mit dieser Ausdehnung des tympanalen Integumentrohres in der Querrichtung ist meistens eine beträchtliche Verkürzung in der darauf senkrechten oder Längsaxe verbunden.

Man bemerkt dies am besten bei der Ansicht von aussen, wo die beiden Seitenwände, welche grösstentheils von den Trommelfellen gebildet werden, schwach grubenförmig in das Bein eingesenkt, und dem

---

[1] Die früheren Autoren gehen bei der Benennung der Tibialseiten von der thatsächlichen Stellung der Vorderbeine aus, welche bekanntlich mehr nach vorn gerichtet sind, und in ähnlicher Weise wie die Hinterbeine, nur in entgegengesetzter Richtung, dem Körper angedrückt erscheinen. Es entspricht also unsere Innen- der Vorder-, unsere Aussen- der Hinter-, unsere Vorder- der Innen-, und unsere Hinter- der Aussenwand der früheren Beobachter.

entsprechend die Seitenränder der tympanalen Aussenwand (Fig. 9 $\alpha\beta\gamma$ u. $\delta\varepsilon\zeta$) bogenförmig eingebuchtet erscheinen.

Die Trommelfelle selbst erscheinen, oberflächlich betrachtet, als an Farbe, Glanz und Elasticität dünnen Glimmerplättchen vergleichbare und in ihrer ganzen Ausdehnung etwas in das umgebende Integument eingedrückte äusserst zarte Membranen von der Form einer etwas ovalen Ellipse (Fig. 17), deren längste Dimension der Verticalaxe der Tibia entspricht.

Sieht man sich aber die Tympana, am besten bei durchfallendem Lichte, etwas genauer an, so scheinen sie in der That, wie Siebold zuerst erwähnte, aus zwei ziemlich scharf von einander getrennten Partien oder Zonen zu bestehen, nämlich aus einer äusseren undurchsichtigen, im Ganzen elliptischen Scheibe (Fig. 17 *b*) und aus einem diesen dunklen Fleck von innen her umspannenden halbmondförmigen und vollkommen durchsichtigen Saume (Fig. 17 *T*).

Um sich aber über das Verhalten dieser zwei Partien des Trommelfelles und seiner nächsten Umgebung genauer zu unterrichten, muss man die durch einen verticalen Querschnitt getrennten und mit Kalilauge von den Weichtheilen gereinigten Hälften des tympanalen Schienbeinstückes von der Innenseite bei stärkerer Vergrösserung ansehen.

Man erkennt dann Folgendes:

Rings um das Trommelfell bildet die Cuticula, und zwar nach innen (das ist gegen das Lumen des Rohres) zu, einen ziemlich dicken wulstförmigen Rahmen (Trommelfellrahmen Fig. 6 und 17 *r*, *R*), der bei *Odontura serricauda* am oberen Ende des Trommelfelles unterbrochen ist, und bei *Decticus* ganz unbeschädigt vom übrigen Integumente losgetrennt werden kann.

Das Trommelfell beginnt ferner am ganzen Umfang des Rahmens, also auch am Aussenrande als ein ungemein zartes völlig durchsichtiges Häutchen, an dem selbst stärkere Linsen keinerlei Rauhigkeiten erkennen lassen, und welches beim geringsten Zuge vom Trommelfellrahmen sich loslöst.

Wie aus Fig. 6 hervorgeht, liegt die erwähnte elliptische Anschwellung des Trommelfelles grösstentheils in der äusseren Längshälfte desselben, und ist nahe an seinem Aussenrande am dicksten und dunkelsten.

Bei *Decticus* und einigen anderen Formen verhält sich die Sache so, dass vom dicksten, durch einige helle Hautporen markirten Trommelfellstreifen, welcher der Längsaxe des Tympanums parallel ist, hauptsächlich in der Richtung der Queraxe verdickte braun erscheinende Bänder gegen den Innenrand verlaufen, eine Einrichtung, welche einen auffallend prägnanten Charakter am offenen Tympanum mehrerer *Platydactylus*-Arten (Fig. 99) annimmt, wo die äussere Längshälfte des Trommelfelles eine grössere Anzahl oberflächlich stark hervortretender Querrillen mit dazwischenliegenden Furchen erkennen lässt.

Bei *Odontura*, wo an der elliptischen Anschwellung eine derartige Querstreifung gar nicht angedeutet ist, scheint der Innenrand der braunen Scheibe ganz unregelmässig, wie ausgefressen, während der äussere Saum ziemlich scharf markirt ist.

Dieser Umstand, sowie die allmählige Dickenabnahme gegen die Ränder hin überhaupt, beweist uns wohl deutlich genug, dass wir es hier keineswegs, wie man aus Siebold's Darstellung vermuthen möchte, mit einem separaten Trommelfellabschnitt zu thun haben.

Hinsichtlich der oberflächlichen Sculptur gibt sich die elliptische Trommelfellscheibe sattsam als ein nur wenig modificirter Integumentfleck zu erkennen, indem man darauf dieselben dachziegelartig gelagerten Cuticularschüppchen wie an anderen einigermassen dicken Hautstellen und in der Regel sogar (z. B. *Meconema*, *Ephippigera* u. s. f.) einige Härchen oder solchen entsprechende Poren beobachtet.

Mit dem Gesagten erledigt sich auch eine Anmerkung Hensen's hinsichtlich „einiger heller, sehr in die Augen springender Porencanäle" in der „schwarzen"(?) Scheibe von *Locusta*, die er durchaus mit einem Sinnesapparat verknüpft glaubte, und „auf deren Untersuchung er viel Zeit und Mühe verwandte", indess nichts Specifisches an ihnen bemerken konnte. Dass diese Canäle, wie er glaubt, vielleicht bei den noch unentwickelten Thieren von Bedeutung sein mögen, ist insoferne unrichtig, als sie bei diesen in noch grösserer

Anzahl einfach aus dem Grunde vorkommen, weil bei ihnen das behaarte Integument, aus dem sich eben das Trommelfell entwickelt, noch wenig differenzirt hat[1].

Wir haben oben die gewöhnliche Form der Tympana als die einer Ellipse bezeichnet.

Bei stärkerer Vergrösserung und entsprechender Präparation angesehen, überzeugt man sich aber bald, dass der Umriss der Tympana nichts weniger als eine scharfe, nur einigermassen regelmässig geometrische Contour darstellt. Sie bildet vielmehr (Fig. 6) in der Regel allerlei Aus- und Einbuchtungen, so dass einem sogleich der Gedanke kommt, dass man es hier, wie später noch ausführlicher erörtert werden wird, nicht mit von Alters her regel- und zweckmässig angelegten, sondern mit solchen Gebilden zu thun hat, an denen noch viele Mängel auszumärzen bleiben, wobei wir freilich häufig durch die Meinung irre geleitet werden können, dass gewisse scheinbare Unregelmässigkeiten der Form eine minder exquisite Leistungsfähigkeit derselben im Gefolge haben möchten.

Hinsichtlich der Dimensionsverhältnisse der äusseren Trommelfellgebilde haben wir uns speciell bei *Odontura serricauda* folgendes notirt.

Der Rahmen des Trommelfelles hat eine Breite von 0·04 Mm., die kleine Axe des Trommelfelles misst 0·5 Mm., die grosse 0·98 Mm.; die kleine Axe der elliptischen Anschwellung 0·031 Mm., die grosse Axe derselben 0·74 Mm., und die Länge ihrer oberflächlichen Chitinschüppchen 0·018 Mm.

Nachdem wir nun das Trommelfell als Ganzes einigermassen kennen gelernt haben, müssen wir es noch an Schnitten näher ins Auge fassen, an denen wir über gewisse Verhältnisse erst eine ordentliche Vorstellung gewinnen werden.

Zur Herstellung solcher kann ich die Härtung des Objectes in Kali bichromicum (8 Tage in einer 3°/₀ oder besser gegen 20 Tage in 1·5°/₀) Lösung oder Hyperosmiumsäure (12 Stunden in 0·3°/₀ Solution) besonders empfehlen, wobei es aber nöthig ist, früher das tympanale Stück aus der Tibia herauszuschneiden.

Fig. 82* stellt uns einen solchen ungefähr durch die Mitte der Trommelfelle geführten Querschnitt von *Meconema* (vergl. Fig. 10) dar.

Die relativ sehr dicke Aussenwand (*oab*) ist spitzbogenartig gewölbt, die Innenwand (*min*) ähnlich geformt, nur flacher. Denkt man sich die seitwärts am weitesten vorspringenden Punkte der genannten zwei Flächen mit einander (vergl. die punktirte Linie) in gerade Verbindung gesetzt, so erhält man als Querschnitt der Tympanalgegend eine ellipsenähnliche Figur.

Die Trommelfelle aber, welche die angedeutete Verbindung zwischen Aussen- und Innenwand wirklich herstellen, erscheinen im Vergleich zu den construirten Seitenwänden tiefer in das Bein eingesenkt.

Der Rahmen jedes Trommelfelles wird am Querschnitt selbstverständlich nur an zwei Punkten (am vorderen bei *o* und *m*, am hinteren bei *p* und *n*) getroffen, und gibt sich (namentlich bei *m* und *n*) als starker Cuticularvorsprung zu erkennen.

Die Querschnitte der Trommelfellmembranen selbst erscheinen keineswegs gerade, sondern deutlich wellenartig gekrümmt.

Am Aussenrande (*p*) beginnt das Tympanum ganz dünn, nimmt dann, zugleich sich auswärts krümmend, allmählig bis in die Gegend des hier der Trommelfellanschwellung aufsitzenden Haares an Dicke zu, um dann unter schwacher Einwärtsbiegung wieder (bis *q*) dünner und schliesslich ganz zart zu werden.

Von *q* bis *n*, d. h. soweit das Trommelfell mit der Tympanaltrachea (*hTr*) verwachsen ist, erscheint es überall von ziemlich übereinstimmender Zartheit.

An einem ähnlich geführten Querschnitte der Tympanalregion von *Deinacrida* (Fig. 54) erscheint die Trommelfellcuticula verhältnissmässig viel dicker als bei *Meconema*, ein Beweis, dass die Dicke dieser Membran, theilweise wenigstens, durch die relative Grösse des betreffenden Thieres bedingt wird, wenn man hier gleich auch daran denken könnte, dass das Tympanum verhältnissmässig noch wenig differenzirt ist, da das betreffende Thier auch nicht die normalen Zirporgane besitzt.

---

[1] Eine gute Lehre, dass man die Bedeutung der Arthropodenhaare nicht überschätzen soll.

Die zuerst nach aus-, dann nach einwärts gebogene Trommelfellanschwellung erstreckt sich hier auch ein wenig über die mit dem Luftrohr verwachsene Partie desselben und zeigt die nämliche Zusammensetzung, sowie die feinen Cuticularporen, wodurch sich überhaupt einigermassen dicke Chitinmembranen auszeichnen.

Ähnliches kann man auch am tympanalen Diagramm von *Haania* (Fig. 44) beobachten, wo übrigens der äussere Trommelfellsaum minder zart und durchsichtig erscheint, wie bei der Mehrzahl anderer Formen.

Betrachten wir uns nunmehr die äusserlichen Tympanalgebilde bei den durch bedeckte Trommelfelle ausgezeichneten Locustinen.

Als Beispiel dieses Typus mag uns das grüne Heupferd (*Locusta*) dienen.

In Fig. 4, welche das obere Schienbeinstück dieses Insectes von aussen darstellt, bemerken wir, den äusseren Trommelfellrändern von *Meconema* entsprechend, zwei völlig symmetrisch gestaltete, in der Mitte schwach einwärts (axialwärts) gebogene Ritzen (*O*), welche bekanntlich dadurch zu Stande kommen, dass sich vom Innenrande der beiden Tympana ein muschelschalenartiger Deckel (Trommelfelldeckel *d*) erhebt, und über das Trommelfell sich herüberwölbend, ganz nahe an den Aussenrand desselben herantritt.

Dass dem in der That so sei, sieht man am besten, wenn man vorsichtig die Trommelfellschalen entfernt; die Tympanalregion zeigt dann völlig das bei *Meconema* geschilderte Verhalten.

Da die Tympana von *Locusta* und den meisten anderen Formen mit bedeckten Trommelfellen uhrglasförmig in das Bein sich einsenken, ihre Deckel aber in entgegengesetzter Richtung, also nach auswärts, sich wölben, so gewinnt der dazwischen liegende Hohlraum (Trommelfellkapsel), wie man sich auch durch Injection desselben mit einer geeigneten Masse überzeugen kann, das Aussehen einer biconvexen stark in die Länge gezogenen Linse.

Auch über den Bau der geschlossenen Tympana geben uns Querschnitte die besten Begriffe.

Fig. 49 stellt einen solchen und zwar von *Locusta* dar.

Verdecken wir uns mit den Händen die beiden Seitenflügel *op* und *fy*, welche eben den Trommelfelldeckeln entsprechen, so wird uns das übrig bleibende Bild sogleich an den tympanalen Querschnitt von *Meconema* (Fig. 82*) erinnern.

Anstatt aber, dass wie dort, die Trommelfelle unmittelbar in die Innenwand (*fo*) übergehen, stülpen sie sich hier falten- oden taschenartig nach aussen (in der Abbildung nach oben) hervor, und erreichen mit ihren freien Rändern (*p*) nahezu den äusseren Theil des Trommelfellrahmens (*q*).

Als echte Ausstülpungen oder Flächenvergrösserungen des Tympanalintegumentes erweisen sich die Trommelfelldeckel schon dadurch, dass sie in ihr wenn auch schmales Lumen (*l*), das in der Regel durch Aufquellung in Kalilauge deutlicher hervortritt, Fettgewebe und Tracheen aufnehmen, während wir aus dem Umstande, dass darin keinerlei Muskelfasern oder wenigstens sehnenartige Ansätze solcher zur Beobachtung gelangen, schliessen dürfen, dass diesen Hautduplicaturen eine selbständige Bewegung durchaus mangle.

Die zwei Blätter dieser Falte sind von sehr ungleicher Dicke; das äussere (*m*) kommt hierin und auch durch den Haarbesatz der Innenwand gleich, als deren continuirliche Fortsetzung es ja auch erscheint, während das innere Blatt (*n*) nur selten zarte Härchen erkennen lässt, im Übrigen aber mehr mit der Membrana tympani übereinstimmt.

Bisweilen senkt sich die Trommelfellhaut, bevor sie in das innere Blatt der Falte übergeht, etwas nach einwärts (gegen das Beinlumen), wodurch die gesammte Trommelfellkapsel oder Tympanum-Vorhöhle [1] in zwei ungleiche Abtheilungen, nämlich die äussere (*a Tk*) und die innere Tympanalbucht (*i Tk*) getheilt wird.

Indess scheint dies Verhalten keineswegs allen Locustinen mit bedeckten Trommelfellen eigen zu sein. So fehlt z. B. der innere Trommelfellvorraum bei *Haania* (Fig. 44) auf der Hinterseite, während vorne (viel-

[1] Ich möchte nicht gerne, um keine irrigen Analogien zu veranlassen, diesen Hohlraum nach Hensens Vorgange als Paukenhöhle bezeichnen. Letztere Benennung könnte noch eher auf die Tracheenblase angewendet werden.

leicht auch in Folge der Präparation!) die nämliche Doppelfalte wie bei *Locusta* zur Ansicht kommt. Hier haben wir zugleich ein Beispiel, wo das innere Faltenblatt die Tympanum-Cuticula an Dicke beträchtlich übertrifft.

Die bisher betrachteten Locustinen stimmen hinsichtlich ihrer äusseren Tympanalgebilde alle darin überein, dass die beiderseitigen Trommelfelle, wenigstens insoweit, als man sie nur bei schwacher Vergrösserung oder gar mit unbewaffnetem Auge vergleicht, einander völlig identisch erscheinen.

Dasselbe gilt unter der nämlichen Voraussetzung für die gegenwärtig bekannten Locustinen im Allgemeinen. Sie besitzen sämmtlich auf jeder Vorderschiene zwei congruente und symmetrisch gelagerte Tympana.

Anders verhält es sich dagegen, wie z. B. schon Siebold nachgewiesen, hinsichtlich der Entfaltung der die Tympana überwölbenden Schalendeckel. Die grosse Mehrheit der Laubheuschrecken zeigt allerdings die zwei Hauptmodificationen, wie wir sie eben an den Gattungen *Meconema* und *Locusta* als beiderseits offene und geschlossene Tympana charakterisirt haben; es gibt aber doch eine nicht unbeträchtliche Anzahl von Formen, bei denen in Folge geringerer Entfaltung des Trommelfellgewölbes zahlreiche Abstufungen zwischen den genannten zwei Categorien zu Stande kommen, wobei nicht selten durch ungleichmässige Entwicklung der Deckel die Symmetrie der Tympanalregion verloren geht.

Noch weit auffallender aber sind die Differenzirungen dieser Theile in der Abtheilung der Gryllodeen, wo bei nicht selten stattfindender Variabilität der beiderseitigen Tympana eine Mannigfaltigkeit von Formen zu Tage tritt, die in mehrfacher Hinsicht unser lebhaftestes Interesse in Anspruch nimmt.

Verbreitung und Differenzirung der Trommelfellgebilde.

Locustinen. Es gibt unter den Laubheuschrecken, wie die weiter unten folgende tabellarische Zusammenstellung zeigt, eine nicht unerhebliche Anzahl von Species, bei denen nicht die geringste Spur eines Trommelfelles zu entdecken ist.

Alle diese trommelfelllosen Formen gehören aber zwei Familien an, die sich unter Anderem schon durch den Mangel der grossen als separates Extremitätenstigma fungirenden Spaltöffnung am Prothorax und gewiss noch durch manche andere grösstentheils noch näher zu untersuchende Eigenthümlichkeiten von den übrigen, oder, wie wir sie nennen, den typischen Locustinen sehr wesentlich unterscheiden.

Von den in Rede stehenden zwei Abtheilungen hat die eine, die der Gryllacriden (Genus *Gryllacris* Serv., mit vielen z. B. noch unbeschriebenen Species, und *Schizodactylus* Serv.), lauter Formen, welche bei gleichzeitigem Mangel der gewöhnlichen Zirporgane[1] trommelfellartige Bildungen vollständig vermissen lassen.

Die andere Familie, die der Stenopelmatiden, lässt dagegen hinsichtlich der Ausbildung der Trommelfelle und Zirporgane nach meinen bisherigen Erhebungen dreierlei Gruppen unterscheiden.

1. Solche Thiere ohne Zirpadern und Trommelfelle:

Stenopelmatus Burm., *Cratomelus Valdivia* Burm., *Hadenaecus* Scudd., *Ceutophilus* Scudd., *Carcinopsis* und *Rhaphidophora* Serv.

2. Solche ohne Zirpadern aber zum Theile wenigstens mit tongebenden Rauhigkeiten an der Hinterleibsbasis und mit Trommelfellen:

Deinacrida (Zirporgan am Abdomen), *Schönobates* Sauss., *Daihinia* Sauss. und ein Gen. nov. aus Partauprince, welche letztere drei Formen aber noch näher auf tongebende Organe am Abdomen zu prüfen wären[2].

3. Solche Stenopelmatiden mit Zirpadern und mit Trommelfellen:

Anostostoma vorax Stoll. und *An. Australasiae* Gray.

---

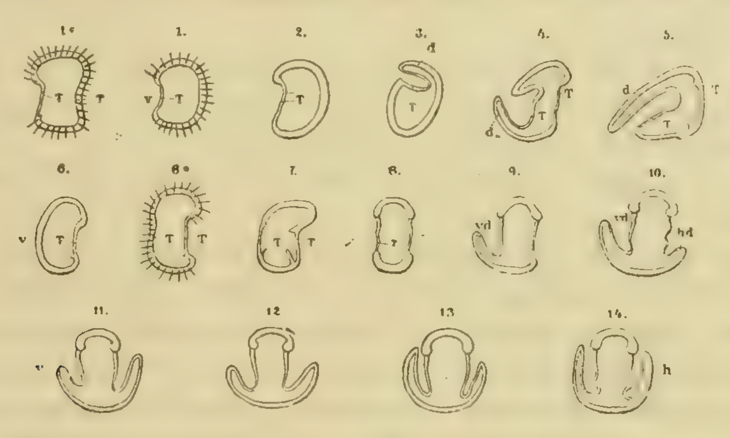
[1] Vergl. diesbezüglich meine Schrift „Über den Bau und die Entstehung einiger noch wenig bekannter Stridulationsorgane der Heuschrecken und Spinnen, mit 1 Tafel; Mittheilungen des naturwiss. Vereins von Steiermark, 1874", in welcher auch das Vorkommen von tongebenden Rauhigkeiten bei *Gryllacris combusta* Gerst. besprochen wird.

[2] Hofrath v. Brunner gab mir zwar die Versicherung, dass bei der letztgenannten Gattung keinerlei tongebende Integumentstellen vorhanden seien.

Das letztere Genus, das ich mir seinerzeit bei Herrn v. Brunner zu wenig angesehen, um sagen zu können, ob es trotz seiner unverkennbaren Ausnahmsstellung in die Gruppe der typischen Stenopelmatiden hineinpasst [1], ist auch dadurch merkwürdig, dass die eine Species desselben (*vorax*) beiderseits ganz offene, die andere (*Australasiae*) hingegen Tympana mit ohrmuschelartig gewölbten Deckeln besitzt, woraus hervorgeht, dass der Grad der Trommelfell-Deckelentfaltung durchaus kein generisches Merkmal abgeben kann, und jedes darauf gegründete System nur den Werth einer künstlichen Eintheilung beanspruchen darf.

Alle übrigen Locustinen, ausgezeichnet durch die allerdings bisweilen rudimentär erscheinende grosse Tracheenöffnung am Prothoraxgelenk, zeigen, ohne Ausnahme, beiderseits gleichmässig entwickelte Tympana, und zwar auch jene Formen, die, wie z. B. *Hetrodes pupa* Fisch. und *Aspidonotus* Serv., der Flügel und auch der tonerzeugenden Einrichtungen vollständig entbehren.

Die überwiegende Mehrheit der Locustinen besitzt, wie wir bereits wissen, entweder beiderseits offene oder völlig geschlossene und zwar symmetrische Tympana; Abweichungen von dieser Regel finden sich nur bei verhältnissmässig wenigen Gattungen, hier aber, und was sehr bedeutungsvoll erscheint, oft innerhalb desselben Genus in solcher Mannigfaltigkeit, dass wir gar keine Zwischenform vermissen, die wir uns zur Herstellung einer continuirlichen Entwicklungsfolge dieser Gebilde nur wünschen können.



1*. *Eneoptera punctata.*
1. *Endacusta* Br.
2. *Cophus* Br.
3. *Gryllotalpa* L.
4. *Orocharis* Uhl.
5. *Platydactylus* von Amboina.
6. *Gryllus toltecus* Sauss.
6*. *Platydactylus brevipennis.*
7. *Gryllus campestris* L.
8. *Oecanthus, Phylloptera* etc.
9. *Phaneroptera rostrata* Br.
10. „ Nr. 3019.
11. *Haania lanceolata* Stoll.
12. *Phaneroptera macropoda* Burm.
13. *Phylloptera* aus Port Natal.
14. *Decticus* etc.

Am interessantesten sind in dieser Beziehung unstreitig die beiden Genera *Phaneroptera* und *Phylloptera*, von denen sich in Brunners Sammlung eine grosse Reihe zum Theil noch unbeschriebener Species vorfinden.

Betrachten wir zunächst die Gattung *Phaneroptera*. Während eine Reihe von Arten z. B. *nigripes* Br., *mexicana* Sauss. durch beiderseits offene Tympana ausgezeichnet sind, sehen wir bei *Ph. rostrata* Br. (Holzschnitt 9), *loliifolia* u. s. w. das vordere Trommelfell bis gegen die obere Hälfte von einer Kapsel umschlossen, welche durch eine weite länglich elliptische Oeffnung mit der Aussenwelt in Verbindung steht.

Bei *Ph. macropoda* (Holzschnitt 12 und Fig. 9) nimmt an dieser ohrmuschelartigen Verkapselung auch das hintere Tympanum Theil, so dass an dieser Species die eigentliche Mittelform zwischen den ganz offenen und den geschlossenen Trommelfellen (letztere bei *Ph. liliifolia* Fab.) zur Beobachtung kommt.

Eine sehr interessante Übergangsform zwischen *Ph. rostrata* mit vorderem halbgeschlossenen und hinterem ganz offenen Tympanum und der vorbezeichneten *Ph. macropoda* mit beiderseits gleichmässig halbgeschlossenen oder ohrförmigen Trommelfellen bietet eine *Phaneroptera* von den Philippinen (3019 [2]), bei

[1] Hofrath v. Brunner war so gütig, mir mitzutheilen, dass hier die normale Prothoraxspalte vorhanden sei.

[2] Nummer in Brunner's Sammlung.

welcher die vordere Tympanumschale (Holzschnitt 10 *vd*) jener von *Ph. macropoda* gleicht, während die hintere (*hd*) nur ganz schwach, am deutlichsten noch an Querschnitten hervortritt.

Hier mag auch gleich das Verhalten beim Genus *Steirodon* eine Stelle finden, wo die Species *St. citrifolium* L. beiderseits gleichmässig entwickelte Trommelfellkapseln besitzt, deren Öffnung die Mitte zwischen ohr- und ritzenförmiger Bildung einhält, während bei *St. thoracicum* das hintere Tympanum ganz offen ist, das vordere aber ohrmuschelartig gestaltet erscheint.

Die allergrösste Variabilität spricht sich aber in dieser Richtung beim Genus *Phylloptera* aus. Da gibt es einmal Formen mit beiderseits offenen Trommelfellen (die Nummern 1859 und 8874).

Die allmähligen Übergänge vom offenen zum geschlossenen Tympanum der Hinterseite, wobei das vordere Trommelfell sich sehr verschieden verhält, bezeichnen der Reihe nach die Arten: *Ph. Forstenii* de Haan (circa $^1/_4$ T. bedeckt[1]), N_0 6660 aus Fernando (circa $^1/_2$ T. bedeckt) und 6316 ($^2/_4$ T. obt.).

Eine ähnliche Reihe von Übergangsstadien lässt sich auch für die vorderen Trommelfelle aufstellen.

Nr. 1859 von Oaxaca (ganz offen), *marginella* Serv. ($^1/_2$ T. obt.), Nr. 5311 ($^3/_4$ T. obt.) und Nr. 6483 (ganz geschlossen).

Von einer *Phylloptera* spec. aus Port Natal mit ungleichmässigen Trommelfellen haben wir in Fig. 14 eine flüchtige Abbildung entworfen.

Auf der Hinterseite (*H*) ist hier das Tympanum bis auf eine schmale Öffnung verkapselt (vergl. auch Holzschnitt 13), während sich auf der Vorderseite (*V*) die Trommelfellschale fast ganz an den Aussenrand des Tympanums anschliesst und nur eine ganz enge Ritze dazwischen frei lässt.

Eine bemerkenswerthe Stellung nimmt in dieser Hinsicht auch das durch seine wahrhaft riesigen Formen ausgezeichnete Genus *Haania* Br. ein.

Während eine Species davon (Nr. 4813) aus Neu-Caledonien beiderseits mit völlig offenen Trommelfellen versehen ist, sehen wir bei *H. lanceolata* Stoll., einem wahren Heuschrecken-Goliath, am vorderen Tympanum (vergl. Fig. 15 *v*) von innen her (in der Abbildung von hinten) eine ganz schmale fast rahmenartige Hautfalte hervorwachsen, welche sich am hinteren Trommelfell (*h*) bereits schon zu einem jener ohrmuschelartigen Gebilde entwickelt hat, welche wir, ausser bei gewissen *Phaneroptera*-Species, in besonders schöner Entfaltung bei einer noch unbeschriebenen *Pseudophyllus*-Art aus Congo wiederfinden (Fig. 7 und 8).

Bei der Mehrzahl der Locustinen erscheinen die Trommelfelle zu einander und zur verticalen Längsebene der Tibia der Hauptsache nach parallel gelagert. Eine auffallende Ausnahme von diesem Gesetze finden wir aber unter Anderem bei *Platyphyllus perspicillatus* Stoll., und namentlich bei *Meronidium glabratus* Serv., wo, bei nach aussen convergirender Stellung der Trommelfelle, die Eingänge in die Trommelfellvorhöhlen eine eigenthümliche Lage erhalten und die Aussenwand des Beines (Fig. 12) zwischen denselben nicht cylindisch gewölbt, sondern rinnenartig ausgehöhlt erscheint.

Wir schliessen die Darstellung der wichtigsten Differenzirungen der Locustinen-Trommelfelle mit einer fast monströs aussehenden Bildung bei *Encylecha lunigera* Serv. (Fig. 11).

Das hintere Tympanum dieser Heuschrecke ist offen und von der gewöhnlichen, länglich elliptischen Gestalt. Oben und unten wird es durch zwei breite, flache Dornen begrenzt, deren sich noch mehrere, in verschiedener Grösse, an der Tibia vorfinden.

Ein ähnlicher, nur mehr blattartiger Dorn ist es ohne Zweifel auch, der am vorderen Tympanum die Rolle eines Trommelfelldeckels übernommen und in dieser Eigenschaft weiter modificirt und adaptirt wurde.

Er ist nämlich auf der Seite des Trommelfelles löffelartig ausgehöhlt, was namentlich am oberen Ende bemerkbar wird, wo er mit der Aussenwand zu einer seichten oberen Trommelfelltasche verwachsen ist.

---

[1] Um den Grad der Trommeldeckelentfaltung genauer zu fixiren, was in vieler Beziehung gewiss sehr wünschenswerth wäre, müssten die mittleren Tympanalquerschnitte mit der Cam. lucida entworfen werden, oder wenigstens die Verhältnisszahl zwischen der Breite des Tympanums und jener seines Deckels genauer angegeben werden. Die von mir angegebenen Zahlenwerthe machen, da wir manche Formen nur äusserlich untersuchen konnten, auf keine grössere Genauigkeit Anspruch.

Gryllodeen. Wie bei den Laubheuschrecken, so finden wir auch in der Abtheilung der Gryllodeen eine nicht geringe Anzahl ganz trommelfellloser Formen, und zwar nicht etwa bloss, wie dort, auf ein Paar exquisite Familien beschränkt, sondern auf sämmtliche Gruppen vertheilt.

Diese trommelfelllosen Gryllodeenarten erscheinen uns für die Deutung der Tympanalorgane als Gehörwerkzeuge in der That von grösster Wichtigkeit, indem sie ohne Ausnahme auch der Zirpadern ermangeln, so dass sich hier das Gesetz ausspricht: Alle (mit den Flügeln) musicirenden Arten besitzen auch Trommelfelle, während diese den stummen Formen durchaus fehlen [1].

Das meiste Interesse verdienen selbstverständlich unter diesen trommelfelllosen Gryllodeen jene Species wie z. B. *Gryllus apterus,* welche einer Gattung angehören, deren übrige Mitglieder mit Zirp- und Tympanalorganen begabt sind, während andererseits in der Familie der *Mogoplistiden* der entgegengesetzte Fall eintritt, indem alle theils gänzlich flügellosen, theils der Zirpadern ermangelnden Formen Tympana vermissen lassen, während der normal geflügelte und daher auch zirpende *Pteroplistes* Br. deutlicher Trommelfelle sich erfreut.

Die trommelfelllosen Gryllodeen vertheilen sich nun in folgender Weise:

Oecanthiden: *Phalangopsis* Serv. und *Gryllomorpha* Fieb. (beide ganz flügellos).

Platydactyliden [2]: *Metrypa* (Flügel ohne Zirpadern) und *Parametrypa* Br. (flügellos).

Tettigonididen: *Trigonidium* Serv. (Flügel ohne Zirpadern).

Grylliden: *Gryllus apterus, Parabrachytrupes australis* Br. und *Apiotarsus* Br. (alle ganz flügellos).

Gryllotalpiden: *Tridactylus apicalis* Chp. (Flügel ohne Zirpadern).

Mogoplistiden: *Mogoplistes* Serv., *Myrmecophila* Latr. und *Physoblemma* Br. (alle ganz flügellos); ferner noch *Cacoplistes* Br. aus Australien (mit *„elytra cornea, alae abbreviatae"*).

Was die Entfaltung der äusserlichen Tympanalgebilde bei den Gryllodeen betrifft, so ist diese im Vergleiche zu jener der Locustinen nicht unwesentlich verschieden; denn während wir bei den letzteren die Gegenwart zweier völlig symmetrisch gelagerter und, wenigstens ihrem makroskopischen Baue nach, völlig gleich gearteter Trommelfelle als allgemein giltiges Gesetz hingestellt haben, ist dieses Verhalten bei den Gryllodeen eher als Ausnahme zu betrachten.

Es sind nämlich im Ganzen nur ein paar Gattungen, und zwar der Abtheilung der Oecanthiden angehörend, deren beiderseitige Tympana in Gestalt und Grösse eine wenigstens annähernde Übereinstimmung erkennen lassen. Wir sagen annähernde Übereinstimmung, weil bei manchen der hier gemeinten Formen die makroskopisch scheinbar identischen Tympana, sobald man sie genauer analysirt, nicht unerhebliche Differenzen aufweisen.

Bei *Oecanthus pellucens* z. B., die ich in dieser Richtung genauer zu prüfen in der Lage war, erkennt man mit freiem Auge zwei fast gleich erscheinende, länglich-elliptische und nach aussen stark convergirende, offene Trommelfelle (Fig. 22), also im Ganzen ein an den *Meconema*-Typus erinnerndes Verhalten.

Spaltet man nun aber durch einen verticalen Längsschnitt das Bein in zwei Hälften, reinigt dieselben durch Kalilauge von den Weichtheilen und nimmt das Mikroskop zur Hand, so treten einem Bilder entgegen, die man nach dem ersten oberflächlichen Augenscheine nicht vermuthet hätte.

Das vordere Tympanum (Fig 98 *v*) ist nicht nur um circa 0·08 Mm. länger und um etwa 0·05 Mm. schmäler als das hintere (*H*); es unterscheidet sich vom letzteren auch, wie man bei stärkerer Vergrösserung wahrnimmt, durch die Beschaffenheit seiner Membran, indem das grössere Typanum bis auf einen schmalen

---

[1] Bei Brunner habe ich mir eine *Gryllus* spec. aus Java (Nr. 8604) notirt, die keine Flügel und doch ein grosses hinteres Tympanum besitzt, und der genannte Forscher gibt (vergl. sein Système des Gryllides) auch ein Mogoplistiden-Genus *Cacoplistes* Br. an, das hornige Elytra aber keine Tympana besitzt. Es wäre höchst interessant, zu erfahren, ob wir es hier in der That mit einer Ausnahme von der ausgesprochenen Regel zu thun haben.

[2] Der Genusnamen *Platydactylus* ist schon längst an Wirbelthiere vergeben!

Saum am Innenrande in seiner ganzen Ausdehnung mit dachziegelartig vertheilten Schüppchen besetzt ist und eine gelbliche auf grössere Derbheit hindeutende Färbung zeigt, während das kleinere Trommelfell grösstentheils ganz pellucid erscheint, indem die erwähnten Cuticularanhänge auf ein Paar wenig umfangreiche Stellen beschränkt bleiben.

Es wäre nicht uninteressant zu wissen, ob auch bei den übrigen Oecanthiden mit beiderseits scheinbar übereinstimmenden Trommelfellen, z. B. *Homoeogryllus xanthographus* Guèr. und *Podoscirtus africanus* Br., ähnliche Unterschiede sich nachweisen lassen.

Wenn wir an den vorhin erwähnten rauhen und verdickten Trommelfellpartien entschiedene, wenn auch keineswegs sehr scharf markirte Homologa der beschriebenen Tympanumanschwellungen der Locustinen vor uns haben, so muss andererseits wieder erwähnt werden, dass bei der grossen Mehrheit der von uns diesbezüglich eingehender geprüften Gryllodeen derlei Bildungen gänzlich vermisst werden, wie denn z. B. die Trommelfelle von *Gr. campestris* (Fig. 97) ihrer ganzen Ausdehnung nach dieselbe Beschaffenheit zeigen, während bei einigen anderen Formen, z. B. *Platydactylus* (Fig. 52 *mn*) und *Orocharis* (Fig. 51 *hT*), die Dicke des hinteren offenen Trommelfelles von den Rändern gegen die Mitte hin etwas abzunehmen scheint.

Indem wir bei der Betrachtung der Differenzirungen der Gryllodeen-Trommelfellgebilde von jenen Formen ausgegangen sind, welche sich an den symmetrischen *Meconema*-Typus anreihen lassen, müssen wir vorläufig noch bemerken, dass jene Einrichtung, die wir oben bei *Locusta* als beiderseits geschlossene oder, bei *Pseudophyllus*, als ohrmuschelartige Bildungen kennen gelernt haben, in dieser Abtheilung bei keiner einzigen Form getroffen wurde, was um so auffallender ist, da man sonst, wie schon angedeutet, allen fast erdenklichen Modificationen begegnet.

Wir müssen als bezeichnend für diese Gruppe der Diplogastern überhaupt noch darauf aufmerksam machen, dass hier im Gegensatze zu den Locustinen, bei welchen die überwiegende Mehrheit mit mehr oder weniger entfalteten Trommelfelldeckeln ausgerüstet ist, derlei Wucherungen der Trommelfellränder bisher gar nicht, ja nicht einmal vom genauesten Kenner dieser Gruppe, Herrn Dr. v. Brunner, beobachtet wurden, sondern erst von uns, während der Durchmusterung der Sammlung des genannten Forschers freilich auch nur an sehr wenigen Arten und unter eigenthümlichen, leicht zu übersehenden Modalitäten entdeckt wurden.

Eine der wesentlichsten Eigenthümlichkeiten hinsichtlich des Vorkommens der Gryllodeen-Tympana besteht dann noch darin, dass diesen Geradflüglern sehr häufig das Trommelfell auf einer Schienenseite gänzlich mangelt, oder dass wenigstens das eine von beiden in seiner Grössenentfaltung ganz auffallend hinter dem der gegenüberliegenden Beinfläche zurücksteht, und dabei dann in der Regel auch eine etwas abweichende meist kreisförmige Gestalt annimmt.

Bei unseren weiteren Auseinandersetzungen werden wir am zweckmässigsten von der bezeichneten einfachsten Trommelfellmodification ausgehen.

Sie findet sich, und zwar zunächst als vorderes Tympanum apertum, bei einer nicht unbeträchtlichen Anzahl von Species, mit Ausnahme der Oecanthiden-Gattung *Endacusta* Br. und dem Mogoplistiden-Genus *Cophus* Br. als eine allen zirpenden Gryllotalpiden zukommende Einrichtung.

Ganz klein und kreisförmig, also dem vorderen Tympanum der Feldgrille (Fig. 23 und 97 *v*) entsprechend, ist dasselbe bei *Rhipipterix* (Nr. 8877) von Sta Fé de Bogota, und, wenn ich in der Eile recht gesehen, bei *Tridactylus variegatus* Chp[1].

Bei *Rhipipterix notatus* Burm. und *Rh. marginata* hingegen besitzt das vordere Trommelfell eine mehr länglich elliptische Gestalt, und dasselbe gilt für *Endacusta* und *Cophus* (Holzschnitt 1 *T*).

Ein sehr schönes einseitiges und zwar gleichfalls vorderes Tympanum findet sich ferner bei sämmtlichen Arten von *Scapteriscus*. Dasselbe (Fig. 26) liegt hart unter dem Kniegelenk und zwar sehr nahe der Aussenwand. Es ist von breitelliptischer Form, rings von einem wulstartigen Rahmen umschlossen und, gegen

[1] Dasselbe notirte ich von einer *Tridactylus*-Form aus Miacatlan (Mexiko), während bekanntlich *Tr. apicalis* Chp. entschieden ganz trommelfelllos ist.

die Aussenwand zu, ziemlich tief in das Bein eingedrückt, wodurch die bei der Werre vorhandene Einrichtung angebahnt wird, wo (Fig. 25 *Tö*) das Tympanum dem Auge völlig entrückt ist und sein Vorhandensein von uns zuerst aus dem tiefen Spalte geschlossen wurde, der sich längs der wulstartigen Aussenwand hinzieht, während dasselbe allen früheren Beobachtern, und selbst dem ausgezeichneten Monographen der Gryllotalpiden, Herrn Samuel H. Scudder entgangen ist, der die erwähnte Spalte in seinen Abbildungen der Vordertibien zwar als feine Linie andeutet, über ihre Bedeutung aber nicht das Mindeste angibt [1].

Einen genaueren Einblick in die bei *Gryllotalpa* vorkommenden Tympanalgebilde kann übrigens nur ein Querschnitt bieten.

Aus einem solchen (Fig. 61) entnehmen wir, dass das Trommelfell (*mn*) eine ganz abweichende nicht wie sonst mit der verticalen Querebene, sondern mit der verticalen Längsebene parallele Lage hat, was man sich durch die Annahme näher veranschaulichen kann, dass das ursprünglich mit der Vorderwand zusammenfallende Trommelfell soweit nach einwärts sich drehte, bis es mit der früheren Stellung einen rechten Winkel bildete.

Hinsichtlich der übrigen Beschaffenheit des Werren-Trommelfelles sei noch bemerkt, dass es seiner ganzen Ausdehnung nach mit mikroskopischen Rauhigkeiten übersät und in der Mitte auffallend verdickt erscheint.

Zum Unterschiede von den Locustinen, wo die Trommelfellschalen durch Ausstülpung der Innenwand entstehen, haben wir bei *Gryllotalpa,* wie unsere Figur erkennen lässt, den umgekehrten Modus, indem die Überwölbung des Tympanums durch die schalenartig dasselbe überragende Aussenwand bewerkstelligt wird (vergl. im Holzschnitte 3 *d* mit Fig. 9 *vd*), ein Verhalten, das wir, wenn auch in etwas modificirter Gestalt, noch bei einigen anderen Gryllodeengattungen wiederfinden werden.

An das Vorkommen des einseitigen vorderen Tympanums der Gryllotalpiden schliessen wir zunächst jenes des einseitigen hinteren Trommelfelles an, wie es einigen Species der Gattungen *Platydactylus, Platyblemma* und *Gryllus* eigen ist.

Vom letzteren Genus haben *Gr. toltecus* Sauss. und die in Brunners Sammlung mit Nr. 6726, 9132 und 8604 bezeichneten und noch unbeschriebenen Species auf der Hinterseite ein ähnliches, elliptisches, nach aussen etwas in das Bein eingedrücktes Tympanum, wie es von derselben Stelle bei *Gr. campestris* bekannt ist.

Bei *Platydactylus surinamensis* ist das hintere Tympanum im Wesentlichen zwar von derselben Beschaffenheit, aber dadurch noch besonders ausgezeichnet, dass die äussere Längshälfte desselben (Fig. 99) von 7 Querrillen durchzogen ist, eine Erscheinung, wie sie mir bei keinem anderen Genus bisher begegnet ist.

Hier lässt übrigens auch die Vorderseite eine wenn auch nur ganz schwache Spur eines Trommelfelles erkennen, indem an der betreffenden Stelle die Haut etwas eingedrückt, sonst aber in Bezug auf die oberflächliche Beschaffenheit und die Dicke derselben nicht weiter modificirt ist. Schon deutlicher umschrieben ist diese vordere Trommelfellanlage bei *Platydactylus brevipennis* Br., wo sie bereits eine länglich elliptische Gestalt annimmt, im Übrigen aber, da sie sich weiter auch in nichts von der Umgebung unterscheidet und wie diese dicht mit Härchen besetzt ist, leicht übersehen werden kann [2].

Ganz ähnlich verhält es sich auch bei *Platyblemma* spec., während bei *Pl. caliendrum* Fisch. die vordere behaarte Impression kaum erkennbar ist.

Gewissermassen ein Gegenstück zu der eben beschriebenen Trommelfellgestaltung liefert *Eneoptera* de Haan, und zwar *punctata,* sowie *Hapitus* Uhl (Holzschnitt 1*), wo das vordere Trommelfell dem hinteren von *Platydactylus brevipennis* gleicht, während hier der behaarte Tympanaleindruck die Hinterseite einnimmt.

---

[1] Revision of the large, stylated, fossorial crikets. Salem. Massach. published by the Academy. March, 1869.

[2] Diese Daten weichen von Brunner's Darstellung in seinem Système des Gryllides insoferne nicht unwesentlich ab, als er nur das hintere (resp. äussere) Trommelfell kennt („tibiae anticae tympano in latere externo“).

Die im Ganzen verbreitetste, wir möchten sagen typische Trommelfellform der Gryllodeen, aus der durch geringe Abänderungen die meisten übrigen Modificationen erhalten werden können, haben wir bei der Feldgrille zu studiren Gelegenheit.

Auf der Hinterseite fällt uns hier ein ziemlich grosses längliches Tympanum von der gewöhnlichen Beschaffenheit dieser Gebilde ins Auge.

Seine Form (Fig. 23 *h* und Fig. 97) ist die einer unregelmässig elliptischen Ebene, welche nach aussen, wo sie sich beträchtlich in das Bein einsenkt, von einer mehr geraden, nach innen dagegen von einer stark gekrümmten Linie begrenzt wird.

Das Trommelfell dagegen, das sich auf der gegenüberliegenden Seite vorfindet (*V*), erscheint bei makroskopischer Ansicht als ein und zwar verhältnissmässig sehr kleines, kreisrundes, ziemlich tief in das Integument eingelassenes Häutchen von derselben glimmernden Beschaffenheit, wie die Trommelfelle der Orthopteren im Allgemeinen. Die Lage dieses kleinen Tympanums, wie wir es im Gegensatze zum grösseren hinteren Trommelfelle nennen wollen, entspricht aber keineswegs, wie man vermuthen möchte, der Mitte des letzteren, sondern kommt etwas höher hinauf und zwar derart zu liegen, dass es noch ein wenig von der Spitze des hinteren Tympanums überragt wird.

Wir haben schon früher hervorgehoben, dass das grössere Trommelfell der Feldgrille seiner ganzen Ausdehnung nach von ziemlich übereinstimmender Dicke und gleichmässig mit winzigen nur bei stärkerer Vergrösserung wahrnehmbaren Dörnchen besetzt ist. Dasselbe gilt nun auch vom kleinen Tympanum, das aber, mit dem Mikroskop betrachtet, seine scheinbar kreisrunde Form einbüsst und von einer mehrfach aus- und eingebogenen Linie umzogen erscheint.

Die Trommelfelle der Feldgrille sowie einiger anderer Gryllodeen unterscheiden sich von jenen der Locustinen nicht unwesentlich auch hinsichtlich der Entwicklung des die Tympana umspannenden Rahmens, der bei den letzteren Geradflüglern in der Regel als ein niedriger Ringwulst erscheint, bei den grillenartigen Wesen dagegen nicht selten die Gestalt förmlicher das Trommelfell von innen her stützender solider (niemals hohler) Platten annimmt.

Kocht man, um diese Bildungen deutlich zu sehen, das grössere Trommelfell der Feldgrille in Kalilauge, so gewahrt man allsogleich eine vom ganzen Umfang desselben entspringende Lamelle (Fig. 97 *Pl*), welche, über das Tympanum hereinwachsend, dasselbe, einer Linsenblendung vergleichbar;, umschliesst.

Dieser innere Trommelfellsaum ist im Vergleich zur Tympanummembran selbst von sehr derber Beschaffenheit und daher von gelblichbrauner Färbung und ausserdem mit Streifenlinien versehen, welche, der Trommelfellcontour parallel laufend, ähnlich wie bei einer Muschelschale auf ein succesives Wachsthum desselben hindeuten. Dabei erscheint der innere Abschnitt dieser Ringplatte, d. h. der dem Innenrand des Tympanums entsprechende Theil (*Pl*) ungleich breiter, als das vom Aussenrande hervorgehende Segment (*Pl'*)

Mittelst des Präparirmikroskopes überzeugt man sich ferner leicht, dass diese Trommelfellblendung keineswegs mit dem Tympanum verwachsen ist, sondern davon oft beträchtlich absteht.

Eine gute Übersicht über die Lagerungsverhältnisse der zuletzt besprochenen Bildungen verschafft man sich besonders durch Querschnitte.

Der in Fig. 59 abgebildete Schnitt trifft die Tympanalgegend in einer solchen Höhe, dass gleichzeitig das vordere und hintere Tympanum berührt wird. Mit Hilfe dieser Abbildung wird man sich nun zunächst leicht vorstellen können, dass das hintere Tympanum (*eT*) gegen die Aussenwand (*a*) sehr stark in das Bein eingedrückt ist, und dass ferner das vordere an Breite nicht unerheblich hinter dem grösseren Trommelfelle zurücksteht.

Die Querschnitte durch die eben früher besprochenen lamellösen Wucherungen des Trommelfellrahmens erscheinen hier je nach der Richtung des Diagrammes ziemlich verschieden, im Allgemeinen aber als stachelartige Vorsprünge der Trommelfellränder.

Am hinteren Trommelfell (*eT*) ist der dem Aussenrande entsprechende Theil der Stützplatte (*v*) weit schmäler als auf der gegenüberliegenden inneren Seite (*u*), wo sich in den Winkel, den die Trommelfellfläche

mit der Stützlamelle bildet (W), die hintere Trommelfelltrachea ($h\,Tr$) hineindrängt. Am vorderen Trommelfelle (mp) dagegen steht die Stützplatte nahezu senkrecht auf dem Tympanum und ist ziemlich weit entfernt von der zugehörigen Trachea, mit der sie aber mittelbar, nämlich durch faseriges Bindegewebe verknüpft wird [1].

Eine nahe Beziehung zwischen den in Rede stehenden inneren Wucherungen des Trommelfellrahmens und dem zweigespaltenen tympanalen Tracheenstamm lässt sich am deutlichsten bei *Brachytrupes megacephalus* demonstriren, wo die genannten Cuticularauswüchse die zwei grossen Luftröhren derart umspannen, dass die letzteren in ihrer Ausdehnung sehr beschränkt werden, ein Umstand, der möglicherweise die Übertragung der Schallschwingungen auf die in der Nähe befindlichen Reizorgane erleichtern könnte [2].

Am hinteren Tympanum von *Brachytrupes* (Fig. 45) und *Platydactylus* von Amboina (Fig. 52) beschränken sich die in Rede stehenden Platten auf den inneren Rand des Trommelfelles (Fig. 45 $\omega\,\varphi$ und no Fig. 52), während vom vorderen Trommelfell der erstgenannten Form zwei zangenartige Fortsätze (Fig. 45 $\mu\,\rho$ und $\partial\,\sigma$) entspringen, zwischen denen die kleinere Vordertrachea förmlich eingeklemmt ist.

Die Mehrzahl der *Gryllus*-Arten zeigt, wie schon oben angedeutet worden, die bei *Gr. campestris* beschriebene Einrichtung; die bei gewissen Formen vorkommenden Abweichungen betreffen hauptsächlich nur die Entwicklung des kleineren vorderen Trommelfelles, das durch successive Längenzunahme nicht selten eine ausgesprochen länglich elliptische Gestalt annimmt, an Grösse aber stets dem hinteren Trommelfell beträchtlich nachsteht. So findet man es bei einer *Gryllus*-Art aus Birma (Nr. 9719), aus Java (Nr. 7041), vom Gaboun (Nr. 6942), und in geringerem Grade bei *G. elegans* Guér. und *signatus* Br.

Der Trommelfellbildung der Gattung *Gryllus* schliesst sich zunächst jene von *Brachytrupes* an (vergl. Fig. 45 und 59), wobei indess zu bemerken kommt, dass das Vordertympanum letzterer Gattung, so wenigstens bei *B. megacephalus* (Fig. 45 v), keineswegs durch geringere Dicke, sondern lediglich nur durch seine Haar- und Pigmentlosigkeit vom Hintertympanum sich unterscheidet.

Es erübrigt uns zuletzt noch die Besprechung jener Trommelfellgebilde der Gryllodeen, bei welchen den Tympanaltaschen der Locustinen entsprechende Hautfalten zur Entwicklung gelangt sind.

So weit unsere Erfahrung reicht, beschränken sich derartige Einrichtungen, wenn wir von dem bereits geschilderten Verhalten bei *Gryllotalpa* absehen, blos auf die zwei Gattungen *Orocharis* und *Platydactylus*, und zwar beim letzteren Genus auf die Species *Pl. helvolus* Serv., insignis Br. und eine noch unbeschriebene Art aus Amboina.

Bei *Pl. helvolus*, wo ich die Sache nur äusserlich ansehen konnte, aber die Deckelbildung zuerst entdeckte, verhält es sich so: Auf der Hinterseite findet sich das gewöhnliche elliptisch-ovale, völlig offene Trommelfell (Fig. 19, VT). Wird das Bein wie in Fig. 19 V von aussen angesehen, so ist von einem vorderen Trommelfelle gar nichts zu bemerken, dafür sieht man an dieser Stelle eine Anschwellung der Tympanalwand, wie sie den Locustinen mit geschlossenen Trommelfellen eigen ist. Dieser Umstand bewog mich, der Sache genauer nachzuspüren, und so fand ich endlich eine feine Längsritze auf der Innenseite des Beines, so dass sich, wie man am besten an der Seitenansicht (Fig. 19 V) erkennt, diese Bildung als ein umgekehrtes geschlossenes Locustinen-Tympanum darstellt, wo also der Deckel des Trommelfelles nicht vom inneren, sondern vom äusseren Rand desselben entspringt, wesshalb ich die in Rede stehende Integumentfalte als äusseren Trommelfelldeckel unterscheide.

Bei der erwähnten *Platydactylus*-Form aus Amboina (Fig. 20) gewährt die Hinter- (H) und die Vorderansicht (V) ein ähnliches Bild, und liegt das hintere Trommelfell im Vergleich zum vorderen etwas höher oben, was in der Abbildung durch die zwei punktirten Parallellinien angedeutet wird.

Das genauere Verhalten lehrt der mittlere Tympanalquerschnitt in Fig. 52. Das hintere Tympanum (mn) ist überall von gleicher Zartheit und gleichmässig mit feinen Härchen besetzt. Das vordere dagegen

---

[1] Die Bildung der Feldgrillen-Tympana zeigt sich gar nicht oder doch nur unmerklich variabel, indem z. B. unsere steiermärkischen Grillen genau dieselben Trommelfelle besitzen, wie jene aus Asien oder Süd-Italien.

[2] Diese und ähnliche Ansichten bringe ich hauptsächlich nur deshalb vor, damit künftige Untersucher die betreffenden Verhältnisse nicht ausser Acht lassen.

(*qtx*) verdünnt sich allmählig nach innen zu und wird von aussen her von einer schalenartig gekrümmten Hautduplicatur überwachsen.

Ist bei den eben betrachteteten Grillen die Trommelfellbildung der Laubheuschrecken so zu sagen auf die Spitze gestellt, so finden wir bei *Orocharis* Uhl. spec. gewissermassen eine Vereinigung von beiderlei Tympanalwucherungen.

Auch hier ist das hintere Tympanum ein offenes und von der gewöhnlichen elliptischen Form (Fig. 21 *H*), das vordere dagegen, in der Länge beträchtlich reducirt, wird von zwei Seiten her eingeengt, nämlich vom Aussenrande her durch eine schmale sichelförmige Hautplatte (*da*), und von innen durch einen schalenartigen Deckel (*di*), der an seinem freien Rande fast gerade abgeschnitten erscheint. Die Folge dieser Überwucherung ist, dass vom Trommelfell nur eine schmale ovale Partie sichtbar bleibt. Der durch die Mitte der beiderseitigen Trommelfelle gehende, in Fig. 50 abgebildete Querschnitt lässt die ganze Einrichtung noch deutlicher erkennen. Das hintere Tympanum, wie bei *Gryllus campestris* aussen tief in das Bein eingedrückt und überall von gleicher Zartheit, ist stark nach einwärts gekrümmt. Das Vordertrommelfell (*pon*) in seinem äusseren Theile stark verdickt (*ón*), wird zunächst von aussen her von einer sackartigen Ausstülpung (*am*) der Beinhaut überwölbt, die entschieden dem äusseren Tympanaldeckel von *Platydactylus* homolog ist, während die schalenartige Falte des inneren Trommelfellrandes (*di*) ganz und gar dem inneren Trommelfelldeckel der Locustinen gleichgesetzt werden muss.

Da die durch die beiden Trommelfelldeckel gebildete obere Tympanaltasche ziemlich weit nach oben sich erstreckt, so ist das Zustandekommen des in Fig. 51 dargestellten Querschnittes (in der Höhe *mn* der Fig. 21) leicht erklärbar. Hier wird nämlich noch das hintere Trommelfell (*hT*) getroffen, während die bezeichnete obere Tasche des Vordertympanums als ein ringsgeschlossener frei im Beinlumen liegender Cuticularring erscheint (*vTk*).

Tabelle I.

Über die Verbreitung der Trommelfelle bei den Gryllodeen und Locustinen.

Trommelfell		Gryllodea		Locustina		
Vorderes	Hinteres					
fehlt	fehlt	*Tridactylus apicalis* Chp. *Phalangopsis* sp. n. aus Zanzibar. *Gryllomorpha aptera* H. S. *Metrype.* ***Apiotarsus*** Br.	*Parametrypa, Mogoplistes* Serv. *Myrmecophila, Trigonidium* Serv. *Gryllus apterus.* *Parabrachytrupes australis* Br. *Cacoplistes* Br. *Physoblemma* Br.	*Stenopelmatus talpa* Burm. *Carcinopsis.* *Rh. picea* aus Java. *Cratomelus.*	*Ceutophilus* Scudd. *Rhaphidophora.* ***Gryllacris***	*Schizodactylus* (stumm?) *Hadenaecus* Scudd.
apertum	fehlt oder nur ein schmaler Eindruck	*Endacusta* Br. *Cophus* Br. *Eneoptera punctata* de Haan. *Hapitus* Uhl.	*Rhipipterix.* *Tridactylus variegatus* Chp. *Cyrtoxipha* Br. *Scapteriscus.* *Liphoplus* Sauss.			
obtectum	fehlt	*Gryllotalpa vulgaris* Latr. „ Nr. 3195 Sicilien. „ *longipennis* de Haan. „ *hirsuta* Burm.	*Gr. nitidula* Serv. „ *africana* Pall. „ *hexadactyla* Pertg.			

Trommelfell		Gryllodea		Locustina		
Vorderes	Hinteres					
obtectum (innere Ritze)	apertum	*Orocharis* spec. Uhl. *Calyptotrypa Pfeifferi* Sauss. (Vordere Trommelfellritze doppelt so lang als das hintere Trommelfell)	*Platydactylus helvolus* Serv. „ von Amboina. „ *insignis* Br.			
fehlt oder schwacher Eindruck,	apertum	*Platyblemma caliendrum* Fisch. *Platydactylus brevipennis* Br. „ *surinamensis* Gr.	*Gryllus toltecus* Sauss. „ Nr. 6726, 9132, 8604.			
apertum klein, meist kreisf. assymetrisch.	apertum elliptisch	*Nemobius* Serv *Brachytrupes ustulatus* Serv. *Gryllus luctuosus* Serv. „ *elegans* Guèr. „ *campestris* L.	*Gryllus frontalis* Fieb. „ *Brunneri* Selys. „ *modestus* Br. „ *mexicanus* Sauss. „ *membranaceus*. „ *signatus* Br.			
apertum symmetrisch.	apertum	*Homoeogryllus xanthographus* Guèr. *Podoscirtus africanus*. *Phyllopalpus* Uhl. *Pteroplistes Br.* *Oecanthus* Serv. Bei *Amphiacusta annulipes* Serv. (♀ flügellos) Tympana gerade umgekehrt, wie bei der Feldgrille: vorderes gross, hinteres klein.		***Deinacrida.*** *Anostostoma.* *Prochilus australis* Brullè *Phaneroptera nigripes* Br. „ *mexicana* Sauss. *Meconema.* *Orphania.* *Barbitistes* Chp. *Cosmophyllum.* *Scaphura Vigorsii* Kirby. *Gymnocera* Brull.	*Schönobates* Sauss. *Aspidonotus* Serv. *Mecopoda* Serv. *Physis* Stoll. *Leptodera* Serv. *Pycnopalpa myrtifolia* Fab. *Phylloptera* aus Oaxaca Nr. 1859. *Phyllopt.* N. 8874.	*Dachinia mexicana* Sauss. *Hetrodes pupa* Fisch. *Haania* Nr. 4823.
$^1/_2$ obtect.	apertum			*Phaneroptera rostrata* Br. „ *loliifolia* de H. „ *ensis* de H.	*Encylecha lunigera* Serv. *Steirodon thoracicum.*	*Phylloptera marginella.*
$^3/_4$ obtect.	$^1/_4$ apert.			*Phylloptera Forstenii* de H. „ *carinata* Br.		
$^1/_4$ obtect.	$^3/_4$ obtect.			*Haania lanceolata* Stoll.		
$^3/_4$ obtect. (ohrmuschelartig)	$^3/_4$ obtect.			*Anostostoma vorax* Stoll. *Pseudophyllus.*	*Phaneroptera macropoda* Burm. *Cymatomera* Schaum.	*Listroscelis.* *Aprion* Serv.

Trommelfell		Gryllodea	Locustina		
Vorderes	Hinteres				
½ obtect.	obtect.		*Phylloptera* N. 4845 aus Quito.		
obtect.	obtect.		*Eugaster horridus* Chp.	*Phylloptera* aus Portauprince N. 6483.	
			Ephippigera	*Agroecia* Serv.	*Psorodonotus* Br.
			Callimenus	*Orchelimum* Serv.	*Anabrus* Hald.
			Onconotus	*Decticus.*	*Thamnotrizon*
			Pycnogaster	*Platycleis*	*Rhacocleis* Fieb.
			Deracantha	*Pterochroza* Serv.	*Metaballus* Herm.
			Phaneroptera liliifolia Fab.	*Polyencistrus* Serv.	*Arytropteryx* Herm.
			Copiophora	*Cyrtophyllus*	*Drymadusa* Stein.
			Conocephalus.	*Platyphyllus*	
symmetrisch			*Locusta.*	*Meronidium*	*Thyreonotus* Serv.
			Saga.		*Hexacentrus* Serv.

Anmerkung. Durchschossen ganz stumm, halbfett nicht mit den typischen Zirporganen ausgestattete Formen.

Entwicklung (Ontogenie) der äusseren Trommelfellgebilde.

Die bisher völlig unbekannte Entwicklung der Trommelfelle wurde hauptsächlich bei drei Formen näher verfolgt, welche zugleich die drei wichtigsten Modificationen dieser Theile bei den Diplogasteren bezeichnen, nämlich an einer *Odontura serricauda* mit beiderseits offenen, an einer *Locusta viridissima* mit beiderseits geschlossenen und an einer *Gryllus camprestris* mit unsymmetrischen Trommelfellen.

Beginnen wir mit *Odontura.* Im ersten (oder besser siebentletzten $= l_7$. Stadium) erscheint der Knie- und Tympanalabschnitt der Vordertibia einfach cylindrisch und gleichmässig mit spärlichen Haaren besetzt. Dasselbe gilt auch für die zweite (l_6.) Phase.

Eine Abschnürung der Tympanalgegend wird erst im 3. (l_5.) Stadium beobachtet. Es zeigt sich hier nämlich eine seichte Einkerbung der Aussenwand über dem Tympanalabschnitt (supratympanale Impression) und ferner an der Vorder- und Hinterfläche, mit der bezeichneten Einschnürung in Zusammenhang stehend, eine seichte Längsfurche, welche sich bis zum unteren Schienbeinende verfolgen lässt. Der obere Theil dieser lateralen Schienbeinrinne ist als die erste Anlage des Trommelfelles anzusehen.

Im 4. (l_4.) Stadium (Fig. 16) erscheint die gedachte Stelle (T) beträchtlich erweitert und lässt schon mit freiem Auge das künftige Trommelfell als einen länglichen, schwach behaarten Integumenteindruck erkennen.

Noch deutlicher tritt dies im 5. (l_3.) Stadium zu Tage (Fig. 16*), wo der elliptische Umriss des Trommelfelles ziemlich scharf markirt und die Einsenkung der nur mehr mit wenigen kurzen Härchen besetzten Membran von der unteren Tibialfurche (Fu) schon besser abgegrenzt ist.

Im 6. (l_2.) Stadium (Fig. 16**) ist das Trommelfell der Hauptsache nach fertig, völlig haarlos, von einem scharfen Rahmen umzogen und unterscheidet sich vom Tympanum des Imago wesentlich nur dadurch, dass es in Folge seiner noch ziemlich rauhen mit derben Cuticularschüppchen besetzten Oberfläche nicht spiegelt, und, da seine Matrix noch viel Pigment führt, auch nur schwach durchscheinend ist.

---

[1] Letztere Bezeichnungsart ist hauptsächlich deshalb empfehlenswerth, weil nur die letzten, nicht aber die ersten Stadien in ihrer unmittelbaren Aufeinanderfolge bekannt sind. Vergl. meine Abhandlung: „Fortgesetzte Untersuchungen über die nachembryonale Entwicklung der Geradflügler.“ Mit 3 Tafeln. Graz, 1870; und dazu Prof. Brauer's Kritik in Troschel's Arschiv, 1871, 5. Heft, wo mir vorgeworfen wird, dass ich nur die Flügel der Heuschrecken kennen dürfte, weil ich gewisse Bildungen derselben als wahrhaftige Verkümmerungen und nicht als aparte Organe ansehe, und den Schuppen anderer Insecten, etwa der Dipteren vergleiche, und zwar einfach aus dem Grunde, weil es bei den betreffenden Geradflüglern gar keine solchen gibt. –

Hingegen kommt das Tympanum im 7. oder letzten Entwicklungsstadium auch in den letztgenannten Eigenschaften jenem des Imago nahe, sowie darin, dass die Differenzirung desselben in eine derbere Mittel- und in eine zartere Randpartie vollkommen ausgesprochen ist, was übrigens bei *Phaneroptera falcata* (Fig. 18) schon im vorletzten Stadium der Fall ist.

Die Entwicklung der Tympana obtecta, wie wir sie ausser bei *Locusta* namentlich bei *Decticus* und *Thamnotrizon* kennen gelernt haben, geht von derselben Anlage wie bei *Odontura* aus, nimmt aber einen viel rascheren Verlauf, so dass die eigentlichen Trommelfelle schon in einem beträchtlich früheren Stadium als bei der letztgenannten Form zur Ausbildung gelangen, und so in den folgenden Entwicklungsabschnitten noch Zeit genug für die schrittweise Entfaltung der Trommelfelldeckel erübrigt.

Das 1. Stadium von *Locusta* verhält sich ähnlich wie das von *Odontura*. Im 2. dagegen ist die supratympanale Impression (Fig. 1 *p*) und die laterale Längsfurche fast schon eben so stark ausgeprägt, wie sich bei *Odontura* dies erst im 4. Stadium erkennen lässt (vgl. Fig. 1 mit 16).

Querschnitte, welche leider beim geringen Umfang der Tibien in diesem Lebensalter nicht leicht herzustellen sind, geben selbstverständlich über die Natur der Trommelfellanlagen die besten Begriffe. Wir erkennen daraus (Fig. 46), dass das Integumentrohr in der Gegend der späteren Tympana (*mn* und *μq*) in der Mitte etwas in das Bein eingedrückt und zugleich um ein Geringes dünner als an der Aussen- und Innenwand erscheint.

Das folgende 3. Stadium (Fig. 2) kommt hinsichtlich der Differenzirung der Trommelfellanlagen mit dem 5. Stadium von *Odontura* (Fig. 16*) überein. Die entsprechende Integumentstrecke hat bereits einen deutlich elliptischen Umriss und gilt dies besonders von der Innenseite, deren freier Rand sich schon über die in der Tiefe liegende Membran hervorstülpt, wie das am anschaulichsten aus dem in Fig. 47 dargestellten Diagramm ersichtlich wird.

Im nächsten, dem 4. Stadium (Fig. 3 und 48), wo bei *Odontura* (Fig. 16) noch kaum die Contour des Trommelfelles gezogen ist, zeigt es hier schon nahezu die Beschaffenheit des Imagotympanums. Es ist, namentlich auch nach aussen zu, scharf abgesetzt und seiner ganzen Fläche nach in das Bein eingedrückt. Zudem unterscheidet man schon die Differenzirung in eine Mittel- und Randzone, welche letztere trotz der bräunlichen Pigmentirung etwas durchscheinend ist.

Zugleich mit der endgiltigen Gestaltung des eigentlichen Trommelfelles hat auch die dasselbe in immer engere Grenzen einschliessende Hautduplicatur (Fig. 48 *di*) einen Schritt weiter gethan und verdeckt ungefähr ein Dritttheil seiner gesammten Fläche.

Die weitere Entwicklung der Trommelfellgebilde in den noch folgenden drei Stadien beschränkt sich der Hauptsache nach auf die Vergrösserung des Trommelfelldeckels, die indessen bereits im letzten Stadium ihr Ende erreicht (Fig. 49).

Bei der Feldgrille, der Yersin 12 Evolutionsphasen zuschreibt, ist im 9. oder viertletzten Stadium noch keine Spur weder des grossen, noch des kleinen Tympanums vorhanden. Eine solche beobachtet man erst im folgenden, 10. oder drittletzten Stadium, und zwar zunächst nur vom hinteren elliptischen Tympanum in Gestalt eines ganz seichten, länglichen, von der Umgebung sonst durch nichts sich unterscheidenden Eindruckes, der ungefähr mit der primären Tympanalfurche des viertletzten Stadiums von *Odontura* zu vergleichen wäre, woraus sich ergibt, dass die Entfaltung der Grillentympana gegen die genannte Locustine um ein Stadium zurück ist.

Was übrigens hier für zwei verschiedene Formen gilt, das gilt bei der nämlichen Form, nämlich der Feldgrille, für ihre beiderseitigen Tympana, indem sich das vordere Trommelfell erst im folgenden oder vorletzten Stadium bemerkbar macht.

Die Anlage des letzteren wird gebildet von einem unscheinbaren seichten Grübchen, das schwerlich von Jemand bemerkt werden dürfte, der es nicht mit Absicht und an der richtigen Stelle aufsucht.

Das hintere Tympanum (Fig. 24) ist dagegen in diesem Lebensalter schon nahezu vollendet zu nennen. Es erscheint unregelmässig elliptisch, aussen mit undeutlichem gekrümmten, innen mit scharfem geraden

Rande. Seine schon völlig haarlose, auf der Innenseite schwach pigmentirte aber ganz opake Fläche spiegelt ein wenig und ist gegen die wulstartig vorspringende Aussenwand zu schon ähnlich wie beim Imago tief in das Integumentrohr hineingewachsen.

Im letzten Stadium ist das kleine Vordertympanum bereits durchsichtig, beim lebenden Thiere schwach glimmernd und desshalb selbst mit unbewaffnetem Auge gut zu erkennen. Das hintere Tromelfell ist gleichfalls dünner und namentlich in der Mitte trotz der noch nicht vollständig geschwundenen röthlichen Pigmentirung ganz durchsichtig geworden.

An Querschnitten erscheint es nicht eben, sondern in der Mitte, wo es zugleich am dünnsten ist, stark auswärts, sowie an den Rändern einwärts gebogen.

Von Gryllodeen mit bedeckten Trommelfellen konnte ich mir für das Studium ihrer Entwicklung nur die fünf letzten Stadien unserer Werre verschaffen, und es ergibt sich hier im Zusammenhalt mit dem bei *Locusta* beschriebenen Verhalten das Gesetz, dass die Entwicklung der bedeckten Trommelfelle viel früher als jene der offenen beginnt.

Aus dem Umstande übrigens, dass im fünftletzten Stadium von *Gryllotalpa* die Trommelfellkapsel im Wesentlichen bereits die Ausbildung des Imago zeigt, darf man wohl schliessen, dass es hier in den früheren Phasen vielleicht gar nicht zur Anlage eines anfänglich offenen Trommelfelles kommt, oder dass die oben näher beschriebene diesbezügliche Integumenttasche eine typische von der Tympanalentfaltung unabhängige ererbte Einrichtung sei.

Ansichten über die Entstehung (Phylogenie) der äusseren Trommelfellgebilde.

Es kann wohl Niemand bestreiten, dass die bedeckten Trommelfelle morphologisch sowohl, als hinsichtlich ihrer physiologischen Bedeutung, namentlich wenn sie als acustische Vibrationsorgane angesehen werden, den offenen Tympanis weit voraus sind.

Wie wir eben gehört haben, bestätigt ja die Ontogenese dies gleichfalls, indem die Tympana obtecta aus offenen Trommelfellbildungen hervorgehen.

Weiters muss zugegeben werden, dass die Trommelfelle gewisser Gryllodeen, z. B. von *Eneoptera*, *Hapitus* (die hintere), *Platyblemma* u. s. f. (die vordere), welche nur eine unscheinbare Integumentdifferenzirung darstellen und so ganz und gar den individuell noch unentwickelten Trommelfellen anderer Formen gleichen, im Verhältniss zu den ausgebildeten Tympanis, mit denen sie bei manchen der genannten Arten sogar vereint auftreten, als ziemlich unnütze, dysteleologische Theile zu betrachten wären, wenn man sie nicht etwa — was aber Niemand beweisen kann — als unentwickelte, beziehungsweise vielleicht rudimentär gewordene Organe anerkennen wollte.

Zu den letztgemeinten Trommelfellbildungen müssen wir, zum Theil wenigstens, auch die kleinen mehr rundlichen Tympana, namentlich jene von *Brachytrupes megacephalus* rechnen, welche in Folge geringerer Pigmentirung ihrer Matrix zwar ziemlich durchsichtig, wegen ihrer Derbheit aber zu oscillatorischen Bewegungen wenig passend erscheinen.

Das Vorgebrachte dürfte zunächst beweisen, dass sich die Trommelfelle der *Digastria* keineswegs alle in einem derartigen Zustande befinden, wie wir ihn unter der Annahme einer zweckmässigen Anlage nothwendig voraussetzen müssten.

Gäbe es aber blos die ganz geschlossenen, die ganz offenen, sowie die paar halb entwickelten Tympanumformen, die wir eben angeführt haben, so könnte man sich wohl damit ausreden, dass sich die Natur bei der Erzeugung dieser Gebilde einige Variation erlaubt habe, wenn gleich die so ganz unvollkommenen Trommelfelle von *Eneoptera* einer solchen ohnehin nichtssagenden Erklärungsweise Trotz bieten würden.

Die Abänderungen aber, welche die Tympana der Diplogasteren unterscheiden lassen, beschränken sich jedoch bekanntlich nicht auf einige wenige scheinbar unvermittelte Modificationen, welche vorhin bezeichnet wurden; wir sind vielmehr, wie sich schon aus den früheren Kapiteln ergibt, in der Lage für alle

einzelnen Entwicklungsstufen, welche die Trommelfelle eines Thieres von ihrem ersten Anfang bis zur vollständigen Entfaltung durchzumachen haben, eine correspondirende Tympanumform eines Imago zu bezeichnen, ja betreffs der Ausbildung der Trommelfelldeckel lassen sich, wie die folgende Zusammenstellung zeigt, in der systematischen Gestaltungsreihe sogar mehr verknüpfende Zwischenglieder namhaft machen, als sie die Ontogenese aufweist, und wegen der Kürze der hiezu eingeräumten Zeit überhaupt aufweisen kann.

		Individuelle Entwicklungsreihe.	Systematische Entwicklungsreihe.
1.	I. Stad. von	*Locusta* (keine Spur eines Tympanums)	*Ceutophilus, Rhaphidophora* etc.
2.	II. „ „	„ (seichte Lateralfurche)	*Hadenaecus* etc.
3.	III. „ „ IX. „ „ IV. „ „	„ *Gryllus campestris* *Odontura* } schwacher behaarter Eindruck .	*Platyblemma caliendrum* (vorn).
4.	X. „ „ V. „ „	*Gryllus campestris* *Odontura* } deutlich umschriebener, schwach behaarter Eindruck	*Eneoptera, Hapitus* etc. (hinten)
5.	V. „ „	*Phaneroptera falc.* (entwickeltes offenes Tympanum) .	*Meconema* etc.
6.	IV. „ „	*Locusta* (1/4 Tymp. obtect)	*Phaneroptera rostrata, Haania lanceolata* (vorne).
7.	V. „ „	„ (1/2 „ „)	*Phaneroptera macropoda.*
8.	VI. „ „	„ (3/4 „ „)	*Phaneroptera* aus Port Natal (hinten).
9.	VII. „ „	„ (ganzes „ „)	*Decticus* etc. etc.

Am auffallendsten und teleologisch, glaube ich, wohl kaum zu rechtfertigen, sind vor Allem die beiderseits ungleichen Tympana, sei es, dass das eine Tympanum fast gar nicht hervortritt (*Eneoptera, Platyblemma*), sei es, dass bei vollkommener Entfaltung der trommelartigen Membranen die Verschallungen derselben nur einseitig (*Phaneroptera rostrata*) oder in sehr ungleichem Grade (*Haania lanc.*) entwickelt sind [1].

Die Richtung, in welcher das Wachsthum der gewissen Tympanalfalten erfolgt, ist allerdings bei den Locustinen eine völlig übereinstimmende. *Gryllotalpa, Calyptotrypa* und *Platydactylus* unter den Gryllodeen geben uns aber höchst lehrreiche Beispiele, dass wir es auch in dieser Beziehung keineswegs mit unabänderlichen Gestaltungsnormen, sondern mit formbildenden Kräften zu thun haben, deren Wirkungen, je nach den sie begleitenden Umständen, sehr verschieden ausfallen.

Eine Erscheinung könnte aber bei dem Versuche, die Formenmannigfaltigkeit der Trommelfellgebilde auf ganz zufällige Ursachen zurückzuführen, gegründeten Anstoss erregen.

Wir sehen, wie im früheren Abschnitte nachgewiesen worden, bei jenen Formen, die offene Tympana haben, die Anlage derselben durchgehends um einige Stadien später als bei jenen Species auftreten, die im Besitze geschlossener Trommelfelle sind.

Nehmen wir nun, was wir nach dem Gesetze der homochronen Vererbung wohl thun müssen, an, dass die ersten Tympanalanlagen bei jungen Thieren aufgetreten sind, und dass bei den folgenden Generationen diese Theile successive vervollkommnet wurden, so sollte man erwarten, dass dieselben, unabhängig davon, ob später daraus offene oder geschlossene Trommelfelle wurden, in der embryologischen Entwicklung im gleichen Lebensalter wiederkehrten. Statt dessen sehen wir aber constant die ersten Anfänge der complicirteren Organe auch in ein früheres Stadium zurückversetzt, was ganz den Schein einer zweckmässigen Einrichtung hervorruft, wodurch eben den differenzirteren Gebilden eine entsprechend längere Entwicklungsperiode garantirt wird.

Wir können aber diese Thatsache vielleicht auch einfach durch die anderweitig begründete Annahme erklären, dass die ersten Ansätze zur Bildung der offenen Trommelfelle zwar auch in einem ähnlichen Alter, wie die der bedeckten zum Vorschein kamen, dass sich aber im weiteren Verlauf der Ontogenie in dieser Beziehung eine Reduction ergab, indem bei manchen Formen die Entfaltung dieser Organe innerhalb der ein-

[1] Es muss dies namentlich dann zugegeben werden, wenn man diese Trommelfellvorhöhlen mit der Schallperception in Verbindung bringt. Dann muss man doch fragen, sind entwickelte Trommelfellfalten hierin von Vortheil, warum sind sie dann nur einseitig vorhanden?

zelnen Stadien einen rascheren Fortgang nahm, wodurch dann die älteren Evolutionsphasen entbehrlich wurden.

Ein besonderes Interesse verdienen aber unstreitig die Trommelfellgebilde der mehrgenannten *Eneoptera* und des *Platydactylus brevipennis*, wo man bei so auffallend ungleicher Ausbildung der beiderseitigen Trommelfelle sich nicht des Gedankens erwehren kann, dass dieselben auch zeitlich sehr weit auseinander stehen.

Demnach erschiene es uns auch gar nicht unwahrscheinlich, dass in künftigen Perioden, wenn das gegenwärtig vollkommen entwickelte offene Tympanum von *Eneoptera* (Holzschnitt 1*) möglicherweise ähnlich wie bei der *Platydactylus*-Species von Amboina, einen Deckel erhalten hat, das heutzutage noch behaarte und überhaupt sehr unvollkommene hintere Trommelfell dann erst in das Stadium des gegenwärtigen Vordertympanums eintritt.

Nun fragt es sich aber um die Ursachen, denen die Trommelfellgebilde ihre erste Entstehung und die weitere Differenzirung verdanken.

Bezüglich des ersteren Theiles dieser Frage wird man es, so glaube ich, lieber sehen, wenn wir gänzlich schweigen, als wenn wir blos Vermuthungen aussprächen; in Betreff des zweiten Fragepunktes dagegen erlauben wir uns nur auf Folgendes aufmerksam zu machen.

Man darf es, dünkt uns, als ein Gesetz betrachten, dass in der Umgebung solcher Integumentstrecken, welche in Folge geringerer Ernährung ihrer Hypodermiszellen allmählig an Dicke einbüssen, häufig eine Wucherung entsteht, wobei man sich vorstellen kann, dass die betreffende Hautpartie gewissermassen die anderwärts ersparten Ernährungsstoffe für sich in Anspruch nimmt, wie Solches in unübertrefflicher Weise schon Göthe ausgesprochen hat.

Auf diese Weise könnte man sich vielleicht wenigstens gewisse Trommelfellwülste, sowie die Tympanalfalten entstanden denken, ohne dass man genöthigt wäre, eine specielle Anpassung anzunehmen, die namentlich so lange für äusserst problematisch zu halten ist, als die betreffenden Anlagen noch eine geringe Entfaltung zeigen, und von einem besonderen Vortheil, den sie ihren Besitzern gewähren sollen, kaum die Rede sein kann.

II. Die mit dem tympanalen Sinnesapparate in Beziehung stehenden Tracheen und Stigmen.

Wie zuerst Siebold auseinandergesetzt, zeigt die Vorderbeintrachea zwischen den Trommelfellen der Locustinen — und dasselbe gilt, wie wir sehen werden, auch für die Gryllodeen — derartige Differenzirungen, welche es Siebold sehr wahrscheinlich machten, dass dem tympanalen Luftröhrenstücke bei der Übermittlung der Schallschwingungen auf die percipirenden Nervenendigungen eine sehr wichtige Rolle zufalle. Diese Bedeutsamkeit der Vorderbeintrachea für das Zustandekommen von Gehörempfindungen scheint nach v. Siebold's Meinung wesentlich noch dadurch erhöht zu werden, dass der Anfang derselben ein von der gewöhnlichen Stigmenbildung auffallend abweichendes, ganz eigenartiges Verhalten aufweist.

Da wir diesen Gegenstand, der uns namentlich in vergleichend anatomischer Beziehung sehr interessant erschien, bei einer grossen Anzahl von Locustinen und Gryllodeen sehr eingehend studirt und viele Thatsachen gesammelt haben, so erscheint es uns zweckmässig, zunächst die Tracheen und Stigmen des Prothorax für sich zu behandeln, und die Differenzirungen der Vorderbeintrachea zwischen den Trommelfellen in einem besonderen Kapitel zur Sprache zu bringen.

Stigmen und Tracheen des Prothorax.

Zwischen dem Vorder- und Mittelrücken, sagt Siebold, ist bei den Locustinen (*Locusta-* und *Decticus-*Arten) ein doppeltes Stigmenpaar angebracht, von denen das eine sogleich in die Augen fällt, da es mit einer ungemein weiten ovalen Öffnung an dem Hinterrande des Prothorax hervorragt. Eine jede dieser weiten lippenlosen Öffnungen führt in einen trichterförmigen Luftröhrengang, der sich in schräger Richtung nach der

Mittellinie der Brust begibt; hier berühren sich die beiden Trichter beinahe, beugen sich knieförmig nach aussen und unten um, und treten als sehr weite Tracheencanäle in das Vorderbein ein.

Dicht vor dem untern und vordern Rande dieser weiten Öffnungen liegen die beiden anderen, gewöhnlich (mit Ausnahme von *Hetrodes pupa* z. B.) vom Hinterrande des Prothorax verdeckten Stigmen, die die gewöhnliche Grösse und Bildung zeigen.

Sie sind von zwei Lippenwülsten verschlossen, von denen der vordere der grössere ist, und bei lebenden Thieren fast ununterbrochen wie ein Deckel auf- und zuklappt. Die von diesen Stigmen ausgehenden Tracheen verbreiten sich im Rumpfe, während die beiden trichterförmigen Luftröhren keinerlei Äste in denselben entsenden.

Die Stigmen am Meso- und Metathorax verhalten sich wie die Hinterleibsstigmen, in denen Siebold niemals die schnellen Bewegungen der Prothoraxstigmenlippe wahrnehmen konnte.

Diesen Aufzeichnungen Siebold's, den genauesten bisher bekannten, füge ich jene Notizen bei, welche mir, auf mein Ansuchen, Herr Hofrath v. Brunner in bereitwilligster Weise über dieses Thema zukommen liess. Er schreibt:

„Bei den Locustinen betrachte ich als äussere Gehörorgane ausser den Tympanis auch die grossen seitlichen Öffnungen im Brustkasten hinter dem ersten Fusspaare, welche mit einem Sacke in Verbindung stehen. Dieselben finden sich bei allen stridulirenden Locustinen, während bei den (stummen) Gryllacriden und Stenopelmatiden an dieser Stelle nur das normale Stigma entwickelt ist, woraus man ersehen kann, dass die erwähnte weite Öffnung genau parallel läuft mit dem Stimmorgan.

Bei den Gryllodeen ist diese hier jedenfalls noch genauer zu untersuchende Öffnung im Gegensatze zu dem Vorkommen bei den Locustinen mit einer Klappe verschlossen, und bei den stummen Formen, sowie bei den Gryllotalpiden obliterirt.“

Was nun zunächst die Lage des vordersten normalen Stigmas, sowie der weiten Öffnung der Beintrachea betrifft, so kann gar kein Zweifel darüber bestehen, dass dasselbe der hinteren Pleuralplatte des Prothorax und nicht etwa der Gelenkshaut zwischen diesem und dem Mesothorax angehört. Dies zeigt schon das äussere Verhalten; dies beweist auch das Studium der inneren Organlagerung (vergl. z. B. Fig. 27 u. 37 St_1). Ebenso verhält es sich mit der Lage des zweiten Stigmas (Fig. 33, 42 *a* u. 42 *d*, St_2), das auf der hinteren Seitenplatte des Mesothorax liegt.

Schwieriger dagegen ist die Frage zu erledigen, ob das 3. Stigma (St_3) dem Metathorax oder dem 1. Abdominalmetamer zuzuzählen ist, und zwar deshalb, weil in der Regel der Seitentheil des letzteren fehlt, resp. mit dem des Metathorax innig verschmolzen ist.

Es gibt indess Formen, wie z. B. *Brachytrupes megacephalus*, wo diese Grenzlinie sehr scharf ausgesprochen ist, und hier sieht man, dass das 3. Stigma nicht vor, sondern hinter derselben, in der Regel unter der Mitte der ersten abdominalen Rückenplatte gelegen ist. Ebenso fand ich es bei *Gryllacris combusta* Gerst. und bei *Callimenus*, wo allerdings die bezeichnete Grenzmarke verwischt ist.

Da übrigens nicht selten eine seitliche Gelenkshaut am 1. Abdominalsegment völlig vermisst wird, und die Stelle derselben von den Pleurae des Metathorax eingenommen wird, so kann in solchen Fällen die Lage des 3. Stigmas nicht mit Sicherheit constatirt werden.

Ganz dasselbe Verhalten zeigen auch, wie wir unten sehen werden, die *Acridiodea*.

Kehren wir zu den Tracheenöffnungen des Prothorax zurück. Bei den meisten Locustinen, die wir zunächst betrachten, finden wir im Gegensatze zu den übrigen Leibesringen zwei Eingänge von in der Regel ganz ausserordentlich verschiedener Weite. Der hintere von diesen Eingängen erscheint gewöhnlich in Gestalt einer langen verticalen Spalte, welche z. B. bei *Phaneroptera falcata* (Fig. 42 *a E*) beinahe die Höhe der Seitenlappen des Halsschildes erreicht.

Hier — und ähnlich verhält es sich bei *Locusta, Decticus, Thamnotrizon* u. s. f. — senkt sie sich, vom Hintertheil der Halsschildlappen ganz oder theilweise bedeckt, in den tiefen Einschnitt zwischen Pro- und Mesothorax ein, wobei ihr Rand in der Regel etwas von aussen und vorne nach innen und hinten geneigt ist.

Die Spalte wird durch einen elastischen Ring ausgespannt erhalten, an dessen Vorderrande, und zwar meist hart unter dem Halsschildlappen, das kleine mit freiem Auge meist nur als knötchenartige Verdickung wahrnehmbare normale Stigma (St_1) sich befindet.

Wie Fig. 42 *a* erkennen lässt, führt die Spalte in einen durch Spiralfasern ausgespannten, nach innen trichterförmig sich verengenden Vorraum, in dessen Grunde die dunkle Öffnung des Tracheenrohres sichtbar wird, welches nach kurzem Verlaufe in das Vorderbein eintritt.

Bei *Thamnotrizon* zeigt der Eingang zur Beintrachea eine bisquitförmige Gestalt, indem dem Vorsprung des Vorderrandes (Fig. 42 *b* St_1), der das normale Stigma trägt, eine ähnliche Ausstülpung des Hinterrandes gegenübersteht.

Sieht man gerade in die spaltförmige Tracheenöffnung einer *Locusta* hinein, so bemerkt man innerhalb derselben zwei wulstartige Vorsprünge der Wandung des trichterartigen Vorraumes, die gewissermassen zwei innere Stigmenlippen bilden, und welche in der That eine mit den Respirationsbewegungen des Hinterleibes und des normalen Stigmas zusammenfallende Bewegung zeigen.

Als eine besondere Schutzvorrichtung gegen das Eindringen fremdartiger fester Körper in die Beintrachea muss der Haarbesatz an den Spaltenrändern aufgefasst werden, der bei den grossen Öffnungen von *Thamnotrizon apterus* u. a. zu einer besonderen Entwicklung gelangt ist, indem die senkrecht auf den Rändern stehenden Haare der einen fast die der anderen Seite berühren.

Das genauere Verhalten des an der Spalte beginnenden Tracheensackes und der daraus entspringenden Beintrachea haben wir uns vorzugsweise bei *Locusta* und *Platycleis* näher angesehen.

Bei der ersteren Gattung (Fig. 30) gelangt man von der Spalte aus in eine nach hinten blind endende Blase (*Bl*), aus der sich unter einem rechten Winkel ein relativ enges Rohr (*Btr*) abzweigt, das bald nach seinem Ursprung in das Vorderbein (*f*) eintritt. Noch instructiver ist die mit der Camera lucida entworfene Fig. 31. Sie zeigt uns, dass der „trichterförmige" Vorraum eigentlich mehr helm- oder füllhornartig aussieht, wobei ich es den Physikern überlassen muss, zu sagen, ob diese auffallenden Gestaltungsverhältnisse unser Gebilde besonders geeignet machen, in dasselbe eindringende Schallwellen etwa nach Art unserer Ohrmuschel in grossem Umfange aufzufangen, und durch mehrmalige Reflexion in die Beintrachea überzuleiten.

Um die Lage der beiden Tracheenanschwellungen zu einander und zum Prothorax überhaupt näher kennen zu lernen, haben wir den letzteren in Kalilauge gekocht, und nach Entfernung aller den Einblick in die Tracheen störenden Weichtheile in einem mit Wasser gefüllten Uhrgläschen mit dem Präparirmikroskop untersucht, eine Methode, die bei derartigen Studien sehr zu empfehlen ist.

Aus Fig. 29, wo ein solchergestalt präparirter Prothorax von *Platycleis* vorliegt, entnehmen wir unter Anderem, dass die schief nach innen gerichteten und in der Mitte des Brustlumens sich fast berührenden blasenartigen Vorräume (*Bl*) der Beintrachea (*Btr*) durch ein kurzes etwas nach abwärts gebogenes enges Rohr miteinander verknüpft sind, eine Einrichtung, die, so unbedeutend sie auf den ersten Blick erscheint, mir einen wichtigen Fingerzeig bei der Deutung der homologen Gryllodeenbildungen gegeben hat.

Bei manchen Locustinen, z. B. *Ephippigera* (Fig. 42 *c*) und *Pseudophyllus* (Fig. 27 *E*) weicht die Öffnung der Vorderbeintrachea nicht unwesentlich von dem bei *Locusta* geschilderten Baue ab, indem sie nicht spalten-, sondern mehr nierenförmig oder unregelmässig oval, dabei aber in der Regel in ihrer Längendimension etwas verkürzt erscheint. Mit dieser Abweichung des äusseren Einganges scheint meist auch eine solche hinsichtlich der aus derselben hervorgehenden Trachea verknüpft zu sein.

Bei *Pseudophyllus* (Fig. 28) haben wir z. B. folgendes Verhalten. Aus der nierenförmigen, durch einen Vorsprung des Vorderrandes etwas verengten, ich möchte fast sagen ohrartigen Öffnung (*E*) entspringt ein Tracheenstamm, der sich, ohne merkbare Anschwellung, eine Strecke weit in die Brust einsenkt (*Bl*), dann

aber auf einmal knieförmig umbiegt und, in der anfänglichen Richtung weiter gehend und sich gleichzeitig am Beingelenke stark verengend, in die Extremität eintritt (*Btr.*).

Indem wir die Bildung der Spaltenöffnung bei einigen Locustinen vorläufig übergehen, wenden wir uns zur Beschreibung des kleinen oder besser gesagt des normalen Prothoraxstigmas.

Dasselbe liegt, bei *Locusta* wenigstens, mit dem Meso- und dem ersten Abdominalluftloch in einer Geraden, welche, nach vorne verlängert, durch das Auge geht.

Wie die mit der Cam. luc. gezeichnete Figur 32 lehrt, wird es äusserlich von zwei etwas über das umgebende Integument vorspringenden Lippen gebildet, wovon die eine nach vorne oder auch etwas nach oben, die andere nach hinten, resp. etwas nach unten liegt. Die letztere (*hk*) besitzt bei *Locusta* einen mit Härchen besetzten und etwas verdickten freien Saum, und erscheint beim lebenden Thier ganz unbeweglich.

Die Vorderlippe (*vk*), in unserer Figur im geöffneten Zustand dargestellt, bildet eigentlich eine am freien Innensaume etwas eingebuchtete Klappe, die sich in ganz regelmässigen Pausen auf und nieder bewegt.

Solcher Pausen zählte ich bei einer ganz frisch eingefangenen *Locusta* 60 bis 100 in einer Minute, und überzeugte mich auch, dass, wenn wir so sagen dürfen, das Athemholen der Stigmenklappe mit den Respirationsbewegungen des Gesammtkörpers genau zusammenfällt, indem die Klappe sich hebt, wenn die Respirationsmuskeln erschlaffen und der Hinterleib sich ausdehnt, dagegen zuschnappt, wenn diese das Abdomen wieder zusammenschnüren.

Die schalenartige Vorderlippe bildet mit der Hinterlippe eine Art Vorhöhle, die nach innen vermittelst einer Spalte in die eigentliche Trachea sich öffnet.

Der Bau der zwei nächstfolgenden Stigmen weicht hauptsächlich von dem des Prothorax nur darin ab, dass hier die Hinterlippe (z. B. Fig. 42 *d*, St_2) sich ähnlich wie die vordere verhält. Dasselbe gilt von den übrigen Abdominalstigmen, die aber, wie Siebold ganz richtig bemerkt, niemals deutliche Bewegungen ihrer Lippen erkennen lassen.

Das aus dem normalen Stigma entspringende Luftrohr (vergl. Fig. 28 und 29 *tr*) ist verhältnissmässig eng, zerfällt aber nach kurzem Verlauf in eine Anzahl von Ästen, die zusammen (tr_1, tr_2, tr_3) ein ziemlich beträchtliches Kaliber repräsentiren und, in immer kleinere Zweige sich auflösend, ein die Rumpforgane umstrickendes Astwerk bilden. Die relativ sehr ausgiebigen Bewegungen des normalen Prothoraxstigmas und der damit zusammenhängenden Trachea erkläre ich mir aus dem Umstande, dass der häufig umfangreiche Prothorax sowie der Kopf, in den sich die Prothoraxtracheen fortsetzen, eine grössere Luftzufuhr als die übrigen Leibesabschnitte nöthig haben, eine Auffassung, die, wie wir gleich hören werden, bei *Gryllotalpa* ihre weitere Bestätigung erhält.

Sehen wir uns jetzt die Vorderbruststigmen der Gryllodeen an. Nach den bisher darüber bekannten Angaben verhielten sich dieselben insoferne wesentlich anders als bei den Locustinen, als hier eine der Locustinen-Prothoraxspalte homologe Bildung vermisst wurde.

Da aber Gryllodeen und Locustinen in ihrem ganzen Körperbau und besonders hinsichtlich ihrer Trommelfell tragenden Vorderbeine einander so nahe stehen, dass sie, wie schon erwähnt, von Rechtswegen gar nicht von einander getrennt werden sollten, so schien es mir, als ich meine Untersuchungen hier anfing, nicht unwahrscheinlich, dass sich bei den Gryllodeen gleichfalls eine Art Doppelstigma vorfinde und vielleicht unter derartigen Modificationen, die eine Erklärung des Zustandekommens der so auffallenden Prothorax-Spalte bei den Locustinen geben könnten.

Meine Vermuthung täuschte mich nicht, und ich bin jetzt, obwohl ich verhältnissmässig nur wenige Formen untersuchen konnte, in der Lage, die Bildung des scheinbar einzig dastehenden Vorderbrust-Doppelstigmas von *Locusta*, *Phaneroptera* u. s. w. aus einem relativ ganz einfachen Gryllodeenstigma abzuleiten.

Gehen wir von *Gryllotalpa* aus. Hier bemerkt man auf der hintern Pleuralplatte des Prothorax eine vom Hinterrand des Halsschildes bedeckte bei 7 Mm. lange Stigmenspalte (Fig. 33 St_1), die die Luftlöcher der nächsten Leibesringe (St_2, St_3) an Länge mehr als um das Dreifache übertrifft.

Das grosse Prothoraxstigma von *Gryllotalpa* wird gebildet von zwei schmalen, von unten nach oben sich allmählig verjüngenden derben Chitinspangen, welche, inwendig dicht mit Haaren besetzt, bis auf eine enge Ritze aneinanderschliessen, in der Fig. 33* aber absichtlich im auseinandergezerrten Zustand abgebildet wurden. Von der bezeichneten Ritze gelangt man in einen weiten dünnhäutigen Sack oder Vorraum, von dem nach allen Richtungen zahlreiche kleinere und grössere Tracheen auslaufen. Die so auffallende Grösse des Prothoraxstigmas und die reichliche Tracheenentfaltung wird leicht verständlich, wenn man sich erinnert, dass der Prothorax von *Gryllotalpa* alle übrigen Körperabschnitte an Stärke weit übertrifft, und dass in den mächtigen, im Dienste der Grabbeine stehenden Muskelmassen desselben ein sehr lebhafter Stoffwechsel stattfindet.

Sieht man sich das Prothoraxstigma der Werre genauer an, so kann es einem nicht entgehen, dass das untere Ende desselben unter einem ziemlich scharfen Winkel nach hinten umbiegt, und bei entsprechender Präparation und Vergrösserung dieser Theile wird man auch nicht länger anstehen, diesen untersten umgebogenen Abschnitt als eine Art Separatstigma aufzufassen.

Es kommt dieses, wie Fig. 33* weiter lehrt, dadurch zu Stande, dass die Hinterlippe (*op*) des grossen Stigmas an ihrem unteren Ende plötzlich unter einem fast rechten Winkel nach hinten umbiegt (*pm*), und hierauf wieder nach vorne sich wendet (*mn*).

Die so gebildete mit der Hauptspalte communicirende Seitenritze erhält einen höheren Grad von Selbstständigkeit noch dadurch, dass aus derselben eine besondere Trachea hervorgeht, von der ich leider nicht constatiren konnte, ob sie in das Vorderbein eintritt oder sich im Rumpfe verzweigt.

Gibt sich bei *Gryllotalpa* das untere Stigma nur als ein besonders differenzirter Abschnitt des oberen zu erkennen, so sehen wir bei der Gattung *Gryllus* und *Brachytrupes* die beiden Theile des Doppelstigmas mehr gleichmässig entwickelt.

Bei der Feldgrille, die uns hier als Beispiel dienen soll, erscheint dasselbe, oberflächlich angesehen, als ein länglicher schwarzer Wulst auf der zarten hellen Gelenkshaut hinter dem Halsschilde. Mit der Loupe, oder besser unter dem Präparirmikroskop, erkennt man aber bald die wahre Natur desselben. Er zerfällt in zwei Abschnitte. Der obere bildet ein Stigma, das dem von *Gryllotalpa* nicht unähnlich ist, indem es gleichfalls (Fig. 35 St_1) aus zwei schmalen fest aneinander schliessenden Lippen besteht.

Der untere Theil hingegen unterscheidet sich davon durch die starke Entwicklung der Vorderlippe (*vk*), die zu einem förmlichen Deckel anschwillt, der sich am lebenden Thier über die schmale Hinterlippe (*hk*) legt und der Luft nur einen beschränkten Zugang gestattet.

Dieses untere Prothoraxstigma ist, wie wir gleich hören werden, obwohl dem Baue nach mehr an das normale Stigma der Locustinen erinnernd, dennoch der weiten Spaltöffnung dieser Geradflügler homolog zu setzen.

Präparirt man sich nämlich die Tracheen des Prothorax einer Feldgrille in ähnlicher Weise, wie wir es bei *Platycleis* (Fig. 29) gemacht haben, so ergibt sich folgender Sachverhalt.

Aus dem oberen Stigma (Fig. 34 St_1) entspringt ein Tracheenstamm (*tr*), welcher sich im Rumpfe verzweigt und ganz und gar mit der Trachea des normalen Locustinenstigmas (Fig. 29 *tr*) übereinstimmt.

Aus dem unteren Stigma (Fig. 34 *E*) geht aber eine Trachea (*Bl*) hervor, die zunächst in das Innere des Brustraumes sich begibt, dann aber in derselben Richtung wieder zurückläuft (*Btr*), und ohne weitere Verästelung in das Vorderbein eintritt, demnach völlig dem Verhalten der Beintrachea von *Pseudophyllus* (Fig. 28 *Bl*, *Btr*) gleicht. Noch mehr. Die aus den beiderseitigen unteren Stigmen hervorgehenden knieförmig gebogenen Anfangsstücke der Beintrachea sind unter sich durch ein ähnliches nur etwas längeres Verbindungsrohr (*v*) verknüpft, wie wir das bei *Platycleis* (Fig. 29 *v*) beobachtet haben.

Sehen wir sonach eine völlige Übereinstimmung hinsichtlich der aus dem Gryllodeen-Doppelstigma entspringenden Tracheen mit den bei den Locustinen bestehenden Einrichtungen, so kann man wohl nicht länger daran zweifeln, dass auch die entsprechenden Öffnungen ihrer Luftröhren gleichen Ursprungs sind.

Freilich ist die hintere Prothoraxspalte der meisten Laubheuschrecken im Vergleich zum normalen vorderen Stigma dieser Thiere von ausserordentlicher Grösse; es gibt indess einige Locustinenformen, wo der

Unterschied zwischen dem Stigma der Rumpf- und jenem der Beintrachea sehr gemildert ist, und dadurch ein näherer Anschluss an das bei den Gryllodeen geschilderte Verhalten zu Stande gebracht wird.

Als solche in Bezug auf ihre Prothoraxstigmen den Gryllodeen sehr nahe kommende Locustinen sind uns speciell *Ephippigera*, *Odontura Boscii* [1] und *Meconema* bekannt geworden.

Erstere zwei Formen besitzen, ähnlich wie *Pseudophyllus*, ein im Vergleich mit der Vorderbrustspalte von *Locusta* sehr kleines Hinterstigma (Fig. 42 *c*), das das normale Vorderstigma kaum um das Dreifache an Grösse übertrifft.

Besonders interessant zeigt sich aber das Verhalten von *Meconema*, indem hier die grosse Spaltöffnung von *Phaneroptera* (Fig. 42 *a, E*) auf ein ganz winziges, mit unbewaffnetem Auge kaum unterscheidbares Löchelchen (Fig 42 *d, E*) reducirt ist, das, indem es sich nach unten unmittelbar an das normale Stigma anschliesst, auch hinsichtlich der Lage vollkommen mit dem unteren Prothoraxstigma der Feldgrille übereinstimmt und so die Homologie der betreffenden Gebilde bei den Locustiden und Gryllodeen ausser Zweifel setzt.

Während aber in der Abtheilung der Gryllodeen das Doppelstigma auch jenen Formen, wie z. B. *Mogoplistes* (Fig. 42) eigen ist, die mit den Zirporganen auch der Trommelfelle ermangeln, scheint es, wie Brunner ganz richtig bemerkt, bei den Locustinen als Regel zu gelten, dass den stummen Formen, gleichgiltig, ob sie Tympana haben oder nicht, das untere Stigma durchaus abgeht, oder, wie wir noch beisetzen müssen, mindestens, wie bei der stummen *Meconema* [2], ausserordentlich klein wird. So finden wir bei *Deinacrida* z. B. (Fig. 36 und 37 St_1) nur das normale Stigma, und dasselbe gilt für *Rhaphidophora* (Fig. 41 St_1), *Gryllacris* (Fig. 38 und 39 St_1), und *Stenopelma* (Fig. 40 St_1).

Bei *Deinacrida*, die bekanntlich deutliche Trommelfelle hat, gleicht das Prothoraxstigma (Fig. 36) ganz dem von *Locusta*, nur sind die beiden Lippen in ihrem oberen Theile (*mn*) miteinander durch eine dünne Gelenkshaut verbunden, während das einfache Stigma von *Gryllacris* (Fig. 39) einen etwas abweichenden Bau erkennen lässt, indem zur Vorder- und Hinterlippe, die zwischen sich eine feine Ritze frei lassen, noch eine Art Oberlippe dazu kommt.

Es ist klar, dass wir gerade bei diesen Formen dem Verlaufe der Prothoraxtracheen eine besondere Aufmerksamkeit geschenkt haben; denn es drängte sich ja unwillkürlich die Frage auf, ob hier, trotz des Mangels einer besondern Öffnung für die Beintrachea, letztere dennoch als eine selbständige Bildung zum Ausdruck gelange.

Dass dies nun wirklich der Fall sei, beweist uns auf das schlagendste die Gattung *Gryllacris*.

Aus dem einfachen Stigma (Fig. 38) gehen hier zwei Haupttracheen hervor, die eine (*tr*), für den Rumpf bestimmt, zerspaltet sich bald nach ihrem Ursprung in zahlreiche Äste, während die andere, welche in das Vorderbein übertritt, und, wenigstens in ihrem Anfangstheil, keinerlei nennenswerthe Zweige abgibt, durch ihre knieförmige Biegung (*Bl, Btr.*) so sehr an das Verhalten der Beintrachea von *Pseudophyllus* (Fig. 28 *Bl, Btr*) erinnert, dass man die Homologie beider Bildungen schwerlich wird in Frage ziehen können.

Aus dem Mitgetheilten scheint also zunächst mit ziemlicher Wahrscheinlichkeit hervorzugehen, dass die Ausbildung einer besonderen Beintrachea von der Entwicklung einer separaten Öffnung für dieselbe unabhängig sei, und dass die letztere als eine spätere Differenzirung, resp. Anpassung zu betrachten ist.

Minder bestimmt gestaltet sich hingegen die Sache bei *Stenopelma* (Fig. 40), wo in das Bein zwei grössere Tracheenstämme (*Btr* und *Btr'*) eintreten, wovon beide unmittelbar aus dem einfachen Stigma entspringen, zugleich aber auch Äste für die Rumpforgane entsenden, eine Einrichtung, die im Vergleich mit dem bei

[1] Da *Odontura serricauda* eine lange elliptische Spalte, *O. Boscii* hingegen nur ein verhältnissmässig kleines nierenförmiges Hinterstigma besitzt, so erweist sich Form und Grösse dieser Bildung nicht einmal als constanter Gattungscharakter.

[2] Bei *Meconema* findet sich, wie ich auf das genaueste untersucht habe, keine Spur von tongebenden Rauhigkeiten auf den Elytren, und wird auch der sog. Spiegel gänzlich vermisst.

Gryllacris und den zirpenden Locustinen bestehenden Verhalten, als ursprünglichere Form betrachtet werden muss.

Wenn es uns nun auch gelungen ist, die so eigenartig erscheinenden Spaltöffnungen der Locustinen von einfacheren Verhältnissen abzuleiten, so sind wir deswegen noch immer sehr weit von der Lösung der Frage entfernt, welche physiologische Bedeutung den blasenartig angeschwollenen Tracheenanfängen der Locustinen beizumessen ist.

Da sie vielen zirpenden Laubheuschrecken, sowie allen Gryllodeen abgehen, so scheint nur so viel sicher, dass sie keineswegs als wesentliche Theile des tympanalen Sinnesapparates bezeichnet werden dürfen, wenn sie gleich zur Übertragung der von den Zirporganen ausgehenden Schallwellen nicht ungeeignet sein möchten.

Möglicherweise sind sie, als in dieser Richtung und vielleicht auch für die Flugfertigkeit nützliche Abänderungen, eben nur bei einzelnen Formen, die hiefür eine entsprechende Anlage mitbrachten, zu der gegenwärtigen Entfaltung gelangt, eine Ansicht, die mindestens dadurch förderlich werden kann, dass sie zu einem eingehenden wiederholten Studium dieser Bildungen auffordert.

Tabelle II.

Name des Thieres	Länge des Körpers $= K$	Länge der Prothoraxspalte $= Sp$	Form der Prothoraxspalte	Länge der Tympana[1] $= T$	$\frac{K}{Sp}$	$\frac{K}{T}$[1]
Callimenus oniscus Chp. ♂	68	2·6	länglich elliptisch	1·2	27	57
Locusta viridissima	38	2·6	„	1·9	15	19
Ephippigera vitium L.	35	1·0	rundlich	—	35	—
Locusta cantans ♀	35	2·5	„	1·9	14	18
Decticus verrucivorus ♀	34	3·5	„	1·6	10	21
Thamnotrizon apterus ♂	28	3·0	länglich bisquitförmig	1·4	9	20
Odontura serricauda ♀	26	1·8	breit elliptisch	1·3	15	20
Platycleis brevipennis ♀	20	1·7	„	0·9	12	22
Thamnotrizon cinereus ♀	20	2·9	„	1·3	7	15
Odontura Boscii ♂	18	1·2	rundlich	1·1	15	17
Phaneroptera falcata ♀	17	2·0	länglich elliptisch	1·0	8	17
Meconema	14	0·3	rundlich	—	47	—

Vorstehende Tabelle, mit der wir dieses Kapitel abschliessen, bringt die ungleiche Grössenentfaltung der Locustinen-Prothoraxspalte zum übersichtlichen Ausdruck.

Während die Verhältnisszahl zwischen der längsten Dimension des ganzen Körpers und der Tympana mit Ausnahme von *Callimenus,* wo die Trommelfelle auffallend klein sind, zwischen 15 und 21 schwankt, am öftesten aber dem Werth 19 nahe kommt, sehen wir den Exponenten, der das Verhältniss zwischen Körper und Spaltenlänge wiedergibt, zwischen den Werthen 7 und 47 herumschwanken.

Dabei fällt das relative Maximum der Spaltenlänge (7) auf eine flugunfähige Laubheuschrecke, nämlich *Thamnotrizon apterus,* während die flugfähige aber stumme *Meconema* weitaus die kleinste Öffnung hat.

[1] Sind nur angenäherte Werthe.

Der tympanale Tracheenabschnitt.

Der in das Vorderbein der Locustinen eintretende Tracheenstamm, sagt Siebold, gibt im Oberschenkel mehrere grössere und kleinere Äste ab, ohne aber dabei an seinem Kaliber etwas einzubüssen. In die Tibia eingetreten, bildet er zwischen den Trommelfellen eine längliche blasenförmige Erweiterung, verengert sich hierauf wieder von Neuem und löst sich bald in mehrere Äste auf.

Diese „Tracheenblase", fährt er dann fort, füllt fast das ganze Beinlumen aus, und lässt an der Hinterseite (unserer Innenseite) nur einen geringen Raum zum Durchtritt der Muskeln übrig.

An der tympanalen „Luftblase" unterscheidet Siebold vier Flächen, die aber, namentlich was die Innenseite anlangt, in seiner Fig. 14 nur ganz beiläufig getroffen sind. Die nach vorne (Aussen) gewendete Tracheenwand findet er kahnförmig ausgehöhlt, während die hintere breit und gewölbt sein sollte.

Hensen, der diesen Gegenstand wohl auch nur ganz nebenbei studirte, zeichnet zwar das Verhalten der Trachea (bei *Locusta*) ziemlich richtig, macht indess hinsichtlich der richtig erkannten Zweitheilung der Tympanaltrachea folgende befremdende Bemerkung. „Die Lagerung der beiden grossen Tracheenstämme zu einander ist eigenthümlich, doch ist es nicht leicht sie genau zu erforschen (!). In der Flächenansicht erkennt man, dass am Knie die beiden Tracheenstämme noch neben einander liegen, dass aber dann der vordere ganz über den hinteren hinübergreift".

Der aus dem unteren Prothoraxstigma, resp. aus der sog. Spaltöffnung der Gryllodeen und Locustinen entspringende Tracheenstamm, zeigt, nachdem er das Hüft- und Femurgelenk passirt hat, bis zum Knie fast ein gleiches im Ganzen sehr bedeutendes Kaliber (Fig. 10 *tr*). Hier verengert er sich etwas, schwillt aber dann über der Tympanalgegend wieder ein wenig an. Zwischen den Trommelfellen bemerkt man dann eine auffallende Differenzirung.

Indem wir uns vorläufig nur an die in Fig. 10 bei geringer Vergrösserung dargestelle Seitenansicht der Tympanaltrachea von *Meconema* halten, erkennen wir, dass der intratympanale Abschnitt (*Ttr*) sich sanft bogenförmig nach innen erweitert, und zwar derart, dass die Innenränder der Trachea und der Tympana nahezu zusammen fallen. Auf der gegenüberliegenden äusseren Fläche hingegen bildet das Luftrohr eine seichte dem Innenrande fast parallele Ausschweifung, wodurch der ganze Abschnitt beiläufig eine halbmondförmige Gestalt gewinnt.

Wie weiters aus unserer Abbildung zu entnehmen ist, liegt vorzüglich nur die dünne Trommelfellpartie inwendig dem Luftrohr an, während der verdickte mit einigen Härchen besetzte äussere Theil damit nur wenig in Berührung kommt.

Aus dem unteren Ende der Tympanaltrachea entspringt ferner, wie bereits Hensen recht gut dargestellt hat, ein verhältnissmässig enges Rohr, das, nach aussen sich wendend (*tr'*), in der unteren Tibialgegend in mehrere kleine Äste sich auflöst, wie wir das speciell für die Feldgrille in Fig. 43 (*tr'* 1, 2) abgebildet haben.

Eine genauere Darstellung des tympanalen Tracheenabschnittes, und zwar zunächst wieder von der Seite betrachtet, gibt uns die mit besonderer Sorgfalt ausgeführte Fig. 70. Unterhalb des Kniees (bei *E*) sehen wir den tibialen Tracheenstamm plötzlich sich erweitern (bei *A*). Von da weg zeigt er dann bis zum unteren Ende seines tympanalen Abschnittes (*BC*) im Ganzen und Grossen ziemlich dasselbe Kaliber. Der tympanale Abschnitt ist oben durch eine sanfte (besonders deutlich bei der Feldgrille, Fig. 69 *B*), unten dagegen durch eine sehr tiefgreifende Einschnürung von den benachbarten Stücken abgegrenzt.

Sonst zeichnet er sich hauptsächlich dadurch aus, dass seine Innenwand bauchförmig hervorgestülpt (*ba*) und seine Aussenfläche leicht ausgehöhlt ist, und dass seine im Vergleich zum supratympanalen Tracheenstück stark abgeflachten Seitenwände in der Mitte, besonders aber am Aussenrande (bei *l*), leistenartig hervortreten.

Am schnellsten orientirt man sich über den Bau der Tympanaltrachea der Locustinen an Querschnitten, welche in verschiedener Höhe durch die Trommelfellgegend geführt werden.

Betrachten wir zunächst einen Schnitt gerade über den Trommelfellen (Fig. 56). Die Trachea (*T Tr*) erscheint hier als ein weiter Ring in der Mitte des Beines, seitlich und innen durch ein faseriges Gewebe (Tracheensuspensorien) am Integument aufgehängt. In dieser Gegend ist also die Trachea einfach, und hat schwach abgeplattete Seitenwände. Schneiden wir etwas tiefer (Fig. 63), so gewahren wir an der Aussenfläche in der Mitte einen seichten mittleren Einschnitt (*Sp*), der, wie eine fortlaufende Reihe von Schnitten lehrt, immer tiefer und tiefer geht, und endlich, mit einer ähnlichen von der Innenfläche ausgehenden Einkerbung zusammenfallend, den tympanalen Tracheenstamm in zwei Äste oder Arme spaltet, wie das in Fig. 49 dargestellt ist.

Die zwei tympanalen Tracheenäste, welche erst am unterem Ende der Trommelfellgegend wieder verschmelzen, zeigen am Querschnitt eine gegeneinander verkehrte Form. Der vordere Ast (*v Tr*) schwillt nach aussen (in der Fig. nach oben), der hintere (*h Tr*) nach innen keulenförmig an, während ihre Seitenflächen in gleicher Ausdehnung mit den Trommelfellen verwachsen sind.

Die breite Aussenfläche des Vorderastes ist in der Mitte muldenartig ausgehöhlt, und hier sitzt das Siebold'sche Sinnesorgan (*E Bl*) auf.

Weiters ist ersichtlich, dass die Innenwände beider Äste, als Ganzes genommen, wie besonders an den Schnitten von *Deinacrida* (Fig. 54), *Haania* (Fig. 44) und *Meconema* (Fig. 82*) deutlich wird, mehr oder weniger tief rinnenartig ausgehöhlt ist.

An den citirten Figuren kann man sich auch davon überzeugen, dass die Trommelfelle nicht in ihrer ganzen Ausdehnung, sondern, wie schon mehrmals erwähnt, hauptsächlich nur an ihrer dünnen Partie mit der Seitenfläche des tympanalen Tracheenstückes verwachsen sind.

Mittelst des Querschnittes in Fig. 49 sind wir ferner auch im Stande, die drei leistenartigen Vorsprünge an der Vorderwand der Tympanaltrachea, wie sie Fig. 70 wiedergibt, zu erklären.

Die Leiste der Innenseite (*Q*) entspricht dem äusseren Vorsprung in Fig. 49, ebenso die Leiste *l''* in Fig. 70 dem inneren Vorsprung *l''* in Fig. 70 der entsprechenden Schnittfigur. Die mittlere Leiste der Fig. 70 *l'* dagegen gehört nicht dem Vorder-, sondern dem Hinterast an, dessen nach vorne gerichteter Fortsatz (*l'* Fig. 49) durch die Wand der Vordertrachea durchschimmert.

Eine sehr instructive Darstellung der Tympanaltrachea bietet uns ferner Fig. 73 (*Ephippigera*). Das Luftrohr wendet uns seine Aussenfläche zu. Die Knietrachea (*AB*) bildet über den Trommelfellen eine kleine Anschwellung (*BD*), der wir, da sie als Trägerin gewisser Nervenendigungen fungirt, den eigenen Namen supratympanale Tracheenanschwellung beilegen.

Mit den Seitenflächen des eigentlichen Tympanalrohres sind die Trommelfelle (*h T* und *v T*) verwachsen, welche die äussere mit Schüppchen und Haaren bedeckte Fläche sehen lassen.

Nahe der Hinterfläche und fast parallel mit dieser öffnet sich die Tracheenspalte (*Sp*), hinter welcher sich der hintere Luftrohrast wulstartig erhebt, und am unteren Ende der Trommelfellgegend in schiefer Richtung sich nach vorne wendet.

Suchen wir jetzt aus den vorausgegangenen Detailansichten des tympanalen Tracheenabschnittes der Locustinen uns ein Gesammtbild (Fig. 76 *Locusta*) zu entwerfen, so werden wir dasselbe folgendermassen definiren: Der im oberen Theil der Vordertibia befindliche einfache, gewöhnlich cylindrische Tracheenstamm wird zwischen den Trommelfellen durch einen im Ganzen verticalen Längsspalt in zwei, auf dem Querschnitt keulenförmige, in der Seitenansicht aber halbmondförmige und dem dünnen Tympanumfeld entsprechende Äste getheilt, die, als Ganzes genommen, an ihrer Aussenfläche sanft ausgeschweift und an ihrer Innenfläche tief furchenartig ausgehöhlt sind.

In der Abtheilung der Gryllodeen zeigt sich der tympanale Tracheenabschnitt im Allgemeinen jenem der Locustinen völlig homolog gebildet, wenn auch im Einzelnen mehrfache Abweichungen zur Beobachtung kommen, indem die Entfaltung der beiden Tympanaläste mit jener der entsprechenden Trommelfelle parallel geht; ein Beweis, dass beiderlei Gebilde, Tympana und Tracheen, in naher Wechselbeziehung zu einander stehen, die vermuthlich nicht bloss morphologischer, sondern auch functioneller Natur ist.

Bei jenen Gryllodeen, die beiderseits gleiche Trommelfelle besitzen, wie *Orocharis* (Fig. 50), *Platydactylus* (Fig. 52) u. s. f. stimmen die tympanalen Tracheenäste (*v Tr* und *h Tr*) ganz und gar mit dem Verhalten der Laubheuschrecken überein.

Anders gestaltet sich das Verhältniss bei solchen Arten, wie z. B. *Gryllotalpa*, die nur ein einziges Tympanum besitzen, sowie bei jenen Species, wo, wie bei der Feldgrille, das eine Trommelfell an Grösse bedeutend hinter dem anderen zurücksteht.

Was zunächst *Gryllotalpa* betrifft, so zeigt uns der Querschnitt in Fig. 61, dass die Tibialtrachea in der Tympanalgegend gleichfalls in zwei Arme sich theilt, dass aber der vordere (*v Tr*), der sich an das eingestülpte Tympanum (*T*) anlegt, dem hinteren, durch eine weite Spalte (*Sp*) davon getrennten Aste an Grösse weit voraus ist.

Am genauesten haben wir die Tympanaltrachea der Feldgrille studirt.

Wie aus Fig. 43 und 79 zu entnehmen, steigt vom Knie dieses Insectes ein nahezu cylindrisches Luftrohr (*tr*) herab, das eine kleine Strecke über den Trommelfellen (bei *B* Fig. 79) sich etwas verengt, um dann in der Tympanalgegend selbst wieder bedeutend anzuschwellen, und sich innerhalb derselben in zwei Äste zu theilen.

Im Gegensatze zu den Locustinen sind diese aber in der Mitte der Trommelfellgegend durch einen viel weiteren Spalt von einander getrennt (Fig. 79 *Sp*). Das ungleiche Kaliber derselben ist sehr in die Augen fallend, ja der Vorderast (*v Tr*) erscheint gewissermassen, wie das namentlich bei der seitlichen Ansicht in Fig. 69 gut hervortritt, nur als ein Seitenzweig des grossen Hinterastes (*B C*).

Als eine Eigenthümlichkeit des erstgenannten Tracheenarmes wäre noch anzuführen, dass er durch einen Abzweiger (Fig. 79. *m*, Fig. 43 *ab*, Fig. 69 *op*) mit dem Kniestück verbunden wird, und dass die kleineren zur Vertheilung in der Tympanalgegend selbst bestimmten Luftröhren, wie besonders schön aus Fig. 69 zu ersehen ist, vorzugsweise, ja man kann sagen ausschliesslich, von diesem sich abzweigen.

Dass, wie oben bemerkt, die Ausbildung der beiden Tympanaläste in der That mit jener der Trommelfelle in der innigsten Beziehung steht, lehrt uns am Besten der in Fig 59 dargestellte Schnitt.

Der Hinterast (*h Tr*), von derselben keulenartigen Gestalt wie bei den Locustinen, ist von dem entsprechenden Trommelfelle nur durch die dünne Hypodermislage der beiden Chitinschichten getrennt, während der vordere Tracheenarm (*v Tr*) vom kreisrunden Trommelfell verhältnissmässig sehr weit absteht, indem sich dazwischen eine dicke frilläre Lage, das sog. Tracheensuspensorium einschiebt.

Als abweichend von den Laubheuschrecken wäre dann noch hervorzuheben, dass das hintere Trommelfell der Feldgrille seiner ganzen Ausdehnung nach dem zugehörigen Tracheenast anliegt, was vielleicht mit dem Umstande zusammenhängt, dass das Trommelfell hier kein besonderes verdicktes Feld erkennen lässt.

Was die Entwicklung der Vorderbeintrachea bei den Laubheuschrecken und Gryllodeen anlangt, so können wir hierüber nur kurz berichten, dass, wie der Querschnitt in Fig. 46 beweist, die Zweitheilung des Luftrohres zwischen den Trommelfellen in der beim Imago vorkommenden Art bereits in den allerersten Stadien durchgeführt ist.

Um zu erfahren, inwieferne die eigenartige Gestaltung der Trommelfelltrachea mit der Entfaltung der Tympana und überhaupt des ganzen tympanalen Sinnesapparates zusammenhängt, und was speciell von der Spaltung derselben zu halten sei, schien es mir angezeigt, einmal das bezügliche Luftröhrenstück bei jenen Formen zu untersuchen, die keinerlei Trommelfelle besitzen, und anderseits festzustellen, wie der der Tympanaltrachea homologe Abschnitt an den Mittel- und Hintertibien gebaut ist.

Was den ersteren Punkt betrifft, so steht die Sache so: Es gibt trommelfelllose *Digastria*, wie z. B. *Carcinopsis*, wo die Vorderbeintrachea in der Tympanalgegend keinerlei Spaltung erfährt, sondern als verhältnissmässig sehr dünnes Rohr in weiten Zickzackbiegungen die Tibia durchzieht. Derlei Formen dürfte also wohl überhaupt die Anlage zur Entwicklung des typischen Tympanalapparates gänzlich abgehen.

Bei der Mehrzahl der trommelfelllosen *Digastria* hingegen und bei allen jenen Formen, die auch nur schwache Spuren von Tympana besitzen, ist die sonst einfache Tibialtrachea in der Tympanalgegend in zwei Arme aufgelöst, die sich aber durch ihr geringes Kaliber und durch die weite Spalte zwischen denselben sehr auffallend von den Tympanalästen der übrigen *Digastria* unterscheiden.

Als Beispiel kann uns das in Fig. 82 dargestellte Verhalten von *Stenopelma talpa* Burm. dienen, wo man die beiden Zweige (*vTr* und *hTr*), namentlich mit Zuhilfenahme der bei der Feldgrille bestehenden Einrichtung (Fig. 79), leicht als wahre Homologa der eigentlichen Tympanaläste erkennen wird, wobei es jedenfalls als unwesentlich erscheint, dass sich dieselben nach ihrer Verschmelzung am unteren Ende der Trommelfellgegend abermals von einander trennen.

Ähnlich gestaltet es sich, wie ich aus Querschnitten abnehme, bei *Rhaphidophora*.

Hier möchte ich noch beifügen, dass ich mir viele Mühe gab, an den Vordertibien der Acridier wenigstens den inneren Tympanaleinrichtungen der *Digastria* homologe Bildungen aufzusuchen, dass ich aber schliesslich zur Überzeugung kam, dass, auch in Bezug auf die Tracheen, trotz vieler sonstiger Übereinstimmungen, die Sachlage doch eine ganz andere sei.

Der Umstand, dass manche trommelfelllose Digastria am Vorderschienenluftrohr dieselbe Zweitheilung des tympanalen Abschnittes, wie die mit Tympanis ausgerüsteten Formen besitzen, macht es uns wohl zur Gewissheit, dass man darin keine auf die Function des tympanalen Sinnesapparates hinzielende, sondern vielmehr eine von Alters her überkommene Einrichtung vor sich hat, die erst später, und wahrscheinlich Schritt für Schritt mit den Trommelfellen im Dienste des übrigen Tympanalapparates sich weiter entfaltet hat.

Nicht uninteressant scheinen uns diesfalls auch die Ergebnisse der Untersuchung über das Verhalten der Trachea im Mittel- und Hinterschienbein.

Der dem tympanalen entsprechende Tracheenabschnitt ist hier auf das Unzweideutigste wieder zu erkennen.

An der Mitteltibia von *Locusta* (Fig. 77) ist dies besonders klar, indem das fragliche Luftrohrstück (*BC*) die ausgeprägteste Ähnlichkeit mit dem eigentlichen Tympanalabschnitt der Feldgrille (Fig. 79) verräth.

Die Annahme ist daher gewiss nicht aus der Luft gegriffen, dass die Tympanaltrachea von *Locusta* aus einer Anlage hervorgegangen sein mag, wie wir sie heute noch am entsprechenden Abschnitt der Mitteltibia vor uns haben.

Dasselbe gilt bezüglich der Mittelbeintrachea der Feldgrille, wenngleich hier (Fig. 80) der dem tympanalen Vorderast entsprechende Zweig (*vTr*) vom Hinterast sich abgetrennt zeigt, während im Gebilde *m* der gleichbenannte Verbindungsast des Imago nicht zu missdeuten ist.

An den Hintertibien, bei *Locusta* (Fig. 78) und *Gryllus* (Fig. 81), hinsichtlich des gewissen Luftrohrstückes ganz gleich geartet, erscheint das letztere zwar nicht gespalten, aber doch deutlich vom übrigen Stamm durch eine beträchtliche Verengung abgesetzt, wobei ich es dem Scharfsinn Anderer überlassen will, uns zu sagen, was diese entschiedene Differenzirung eigentlich zu bedeuten hat.

Haben wir es, worauf die beiderseitige Furchung am unteren Ende der bezüglichen Trachea bei *Locusta* (bei *C*) hinweist, vielleicht mit einer beginnenden Spaltung zu thun?—

III. Der innere Bau der Tympanalgegend.

(Mit Ausschluss der Nervenendigungen und Tracheen.)

Wir haben schon in der Einleitung darauf hingewiesen, dass es, um die Natur des hinsichtlich seiner Function noch immer fraglichen Nervenendorgans der Tympanalgegend kennen zu lernen, eigentlich gar kein anderes Mittel gebe, als die genaueste Feststellung des morphologischen Verhaltens, und zwar auch in Bezug auf jene dem System der Nervenenden nahe liegende Theile, welche beim ersten Blick mit demselben nichts zu schaffen haben, möglicherweise aber doch, auf die in eine oder andere Art, das Zustandekommen

gewisser Leistungen desselben beeinflussen. Von diesem Gesichtspunkt geleitet, haben wir die gesammte innere Einrichtung der Tympanalgegend auf das sorgfältigste analysirt, und dabei namentlich betreffs der Structur des Integumentes und der Tracheenmatrix manche, auch ein allgemeineres Interesse verdienende Resultate gewonnen.

Wie schon Siebold andeutete und Hensen ausdrücklich hervorhob, zerfällt das tympanale Beinrohr in drei Abtheilungen: eine hintere (bei uns innere), ausgefüllt von Muskeln, Nerven, Luft und Blutgefässen (?), eine mittlere, die Tracheenblase und eine vordere (bei uns äussere), die Labyrinthblase (!), die mit eiweissartiger Flüssigkeit gefüllt ist, und in welche die Gehörleiste vorspringt.

Wie wir aus Hensens diesbezüglicher stark schematisirter Abbildung (Fig. 3) schliessen dürfen, war er, namentlich betreffs seiner Labyrinthblase sehr im Irrthum und hatte sich auch die Lagerung der in der inneren Beinrohrabtheilung befindlichen Gewebe nicht recht klar gemacht.

Wir betrachten zuerst den Bau und die Verbindung der Integument- und Tracheenmatrix, welche für sich einen beträchtlichen Theil des gesammten Beinlumens beanspruchen, und kommen dann erst auf die Organe, welche in den von dem erstgenannten Gewebe umschlossenen Hohlräumen sich vorfinden.

Structur und Verbindung der Integument- und Tracheenmatrix.

Von früheren Aufzeichnungen über diesen Gegenstand, der auch in allgemeinerer Ausdehnung bei den Insecten und den Tracheaten überhaupt noch sehr im Argen liegt, ist uns bisher so viel wie nichts bekannt.

Hensen spricht allerdings von einer integumentalen Epithellage in der Tympanalgegend, aber die darauf bezügliche Darstellung in Fig. 6 muss, namentlich auch, was die Matrix der Tympanaltrachea betrifft, als unzureichend bezeichnet werden.

Wenn man die Matrix der tibialen Cuticula der *Digastria,* und dasselbe gilt für die Integument-Hypodermis dieser Thiere ganz allgemein, nicht in gehöriger Weise präparirt, oder bei zu schwacher Vergrösserung studirt, so macht sie einem in der That jenen Eindruck, den seinerzeit auch Leydig davon erhalten hat [1]. Man sieht eine mehr oder weniger faserige, an gewisse Bindegewebsformen erinnernde Grundsubstanz, in welcher in ziemlich unregelmässiger Weise zahlreiche oft dicht aneinander liegende, meist breit elliptische Kerne eingebettet sind.

So haben wir es dargestellt an tympanalen Querschnitten von *Locusta* und *Gryllotalpa* in Fig. 56 und 60 *Ma.*

Speciell bei der Feldgrille unterschieden wir anfänglich, wie wir das in einer kleinen Schrift [2] schon auseinandergesetzt haben, Folgendes: Die Hypodermis ist inwendig von einer überaus zarten, structurlosen Glashaut (Membrana basilaris) überzogen (Fig. 60 *ba*). Zwischen dieser und der Cuticula spannen sich in radiärer Richtung ausserordentlich dünne, oft schraubenartig gewundene oder sonst eigenthümlich gekrümmte, mit feinen Körnchen besetzte Fibrillen aus, die, namentlich an der äusseren, der Cuticula zugewendeten Fläche einen dichten Überzug von röthlichbraunen Pigmentkörnchen haben (Fig. 60 *Ma*).

Zwischen diesen Fäserchen, respective Körnchenstreifen, liegen kernartige Gebilde, welche aber in der Regel nur auf die oberflächliche Partie des fraglichen Fibrillensystems beschränkt bleiben, sowie, die ganze Dicke desselben einnehmend, grosse meist zwei bis drei Kerne einschliessende flaschenartige helle Gebilde (*Tg*), deren Hals regelmässig mit einem weiten Cuticularcanale zusammenhängt, über dem sich ein Haar erhebt.

Die genannten und gewisse andere Eigenschaften der Hypodermis, die wir hier füglich übergehen können, bewogen uns damals zur Ansicht, dass die Integumentmatrix der Grille, und Ähnliches hielten wir von jener

[1] Lehrbuch der Histologie, Fig. 56.

[2] Eine Art fibrilloiden Bindegewebes der Insectenhaut. Archiv f. mikrosk. Anatomie, Bd. X, p. 124.

anderer Orthopteren, im Wesentlichen aus zwei von einander wohl unterschiedenen Gewebslagen bestünde, nämlich aus einer Schichte von Kernen, eingelagert in eine körnige pigmentirte Grundmasse, und aus einem System von Fasern, das wir als eine Art Bindegewebe hinstellen zu dürfen glaubten.

Diese Auffassung müssen wir jetzt, wo wir die Sache zu wiederholtenmalen und unter Anwendung geeigneterer Methoden geprüpft haben, als völlig irrthümlich über Bord werfen.

Die tympanale Hypodermis ist kein Compositum mixtum, sondern eine einfache Lage von Cylinderepithelien, zuweilen freilich unter Verhältnissen, die uns ein wahrhaftiges Bindegewebe vorspiegeln, und die bisweilen in der That auch ein solches, wie es scheint, unmittelbar aus sich hervorgehen lassen.

Betrachten wir uns die Sachlage zunächst an Flächenansichten.

Um solche in geeigneter Weise zu gewinnen, haben wir es als sehr vortheilhaft gefunden, das Integument so lange in Oxalsäure einzulegen, bis sich die Matrix ohne Mühe in zusammenhängenden Stücken von der Cuticula lostrennen lässt.

Fig. 68* zeigt uns ein solches vom tympanalen Integument einer *Ephippigera*. Der erste Blick lehrt uns, dass wir es hier mit einem wirklichen Epithel zu thun haben. Die zum Theil unter einander verwachsenen Membranen der einzelnen Zellen bilden von oben gesehen, ein stark lichtbrechendes, helles polygonales Maschenwerk. Das Innere der einzelnen Lücken oder Zellen ist erfüllt von einer feinkörnigen, zahlreiche rothbraune Pigmenmolecüle einschliessenden Substanz und hat gewöhnlich in der Mitte einen grobkörnigen, ein bis zwei kleine Kernkörperchen beherbergenden Nucleus, welcher in der Regel durch Selbsttinction mit dem Pigment seiner Umgebung sehr lebhaft gefärbt erscheint. Der Breitendurchmesser dieser Zellen beträgt 0·027, jener des Kernes 0·012 Mm.

Gute aber niemals so schöne Ansichten wie nach Oxalsäuremaceration haben wir auch durch Behandlung des frischen Integumentes mit Argent. nitric. und Goldchlorid erhalten, während z. B. in Alkohol gelegene Präparate nur ganz ausnahmsweise das beschriebene Verhalten erkennen lassen.

Zur Isolirung einzelner Hypodermiszellen muss gleichfalls eine längere Maceration in Oxalsäurelösung empfohlen werden, obgleich man hier auch mit Müller'scher Lösung und dergleichen Reagentien zum Ziele gelangt.

Den besten Einblick in den Bau der Hypodermis geben aber unstreitig möglichst feine Querschnitte durch dieselbe; ja zur Erkennung gewisser Verhältnisse sind diese unumgänglich nothwendig.

Dabei haben wir als Härtungsmittel am öftesten das Kali bichr. (in 5% Lösung bei mindestens acht Tage langer Einwirkung) angewandt, uns aber auch, und mit eminentem Erfolge der Hyperosmiumsäure bedient, wobei man aber nur ganz kleine Hautstücke und zwar in einer 0·3% Lösung etwa durch 12 Stunden oder auch etwas länger einlegen darf[1].

An dünnen Hypodermisstellen, z. B. von der tympanalen Aussen- oder Innenwand, erscheinen die völlig von einander getrennten Epithelien in Form von Cylinder- oder öfter noch Becherzellen, wie solche von einem ganz jungen *Decticus* in Fig. 68 dargestellt sind.

Die Zellen sind von einer deutlichen Membran umgeben, welche nach innen stellenweise Verdickungen zeigt, und speciell an der freien Aussenfläche (*m*) eine Art Grenzsaum bilden, der, bei sehr starker Vergrösserung angesehen, ganz den Eindruck einer siebartig durchbrochenen Schichte hervorruft.

Wie ich mich ferner überzeugt zu haben glaube, hängen die verdickten Grenzsäume der einzelnen Epithelien zusammen, bilden also eine continuirliche Haut, welche von der nach aussen folgenden eigentlichen Cuticula ganz scharf abgesetzt ist.

Die Dicke dieses Grenzsaumes bestimmte ich auf 0·0003 Mm.

Der Kern der Epithelialzellen (*n*) liegt entweder in der Mitte oder mehr im äusseren erweiterten Theil derselben und füllt, der Breite nach, meist das ganze Zelllumen aus.

---

[1] Zur Aufhellung der Schnitte kam dann in der Regel 35% Kalilauge in Verwendung.

Ob er von einer eigenen Membran umgeben, ist fraglich; jedenfalls unterscheidet man daran eine stärker lichtbrechende Rindenschichte, welche an der Flächenansicht als breiter unregelmässig eingekerbter Ring sich darstellt.

Die Länge der ganzen Zelle misst 0·03, jene des Kernes 0·0076 Mm.; die von Stelle zu Stelle in der Hypodermis eingebetteten sog. Hautdrüsen der Cuticula entsprechen, wie in den Figuren 56, 62, 63, 66 u. s. w. ersichtlich gemacht ist, den der Cuticula aufsitzenden Haaren, in deren Lumen das äussere papillenartige Ende dieser Gebilde übergeht.

Ihrem Baue nach (vergl. Fig. 67 *Tg*) erweisen sie sich als mehrkernige gewöhnlich flaschenförmige Organe, die ohne Zweifel als Absonderungsheerde der Haare fungiren, wesshalb ich für sie die Bezeichnung Trichogengebilde in Vorschlag bringe, da man mit dem Namen Hautdrüse die Vorstellung von wesentlich anderen Functionen zu verknüpfen gewohnt ist.

Als unerledigt muss ich es lassen — die postembryonale Entwicklung dieser Theile gibt keinerlei Aufschluss hierüber, ob sie als verschmolzene Zellaggregate zu nehmen sind, oder ihren Ursprung von einer einzigen Hypodermiszelle herleiten, die sich dann behufs einer gesteigerten Chitinsecretion allmählig vergrössert und durch Vervielfältigung des ursprünglichen Kernes noch weiter differenzirt hat.

Was die Mächtigkeit der weichen Hautlage anlangt, so hängt dieselbe unverkennbar von der Dicke der durch sie zur Ausscheidung gelangenden Cuticula ab.

Sehr schön zeigt sich dies in Fig. 55, wo der äussere Theil eines tympanalen Querschnittes dargestellt ist. An der verhältnissmässig sehr dicken Aussenwand (*AB*) ist die Dicke der Hypodermis (*Ma*) eine sehr beträchtliche, sie nimmt aber stetig ab, indem sie (von *B* bis *C*) allmählig in das dünne Trommelfell übergeht.

Indess verändert sich, wie dieselbe Figur lehrt, die Dicke der Hypodermis keineswegs in proportionaler Weise mit jener der Cuticula, ein Beweis, dass die secretorische Leistungsfähigheit gleich grosser Matrixzellen eine ziemlich verschiedene sein kann.

Eine eigenthümliche, histologisch sowohl als physiologisch sehr interessante Differenzirung der Hypodermis beobachtet man an jenen supra- und infratympanalen Querschnitten, wo die Haupttrachea nicht, wie in der Tympanalgegend, seitlich dem Beinintegument ganz enge sich anschmiegt, sondern sich davon weiter entfernt hält (vergl. Fig. 46, 56 und 58).

Hier tritt sie, und zwar hauptsächlich nur von der Vorder- und Hinterwand, unmittelbar mit der Matrix der Trachea in Verbindung, und bildet so, wie besonders deutlich aus Fig. 58 zu entnehmen ist, und wie ich das in der früher citirten Schrift näher, aber nicht ganz richtig ausgeführt habe, einen die Trachea stützenden Tragapparat, ein wahres Suspensorium, an dem der Tracheenhauptstamm beiderseits des Tibialrohres aufgehängt ist.

Um die eigentliche Structur dieses Gewebes klar zu machen, müssen wir vorerst noch der Tracheenmatrix, sowie der inneren Grenzmembran dieser und der Integument-Hypodermis unsere Aufmerksamkeit schenken.

Die Tracheen, obwohl längst als wahre Einstülpungen des Integumentes anerkannt, scheinen von vielen Forschern hinsichtlich ihrer Matrix noch immer nicht richtig aufgefasst zu werden, indem man diese nicht selten als Bindegewebslage mit eingestreuten Kernen bezeichnet.

Die Matrix der Tracheen ist aber so wenig Bindegewebe, wie jene der äusserlichen Chitinschichten, sondern ein wahres Epithel, bestehend aus kurzen Cylinder-, oder vielmehr Prismenzellen.

Das zeigt sich an Flächenansichten, das lehren uns vor Allem, bei geeigneter Präparation, recht dünne Querschnitte, wie solche in Fig. 55 und 66 *TrMa* stark vergrössert abgebildet sind.

Da die hart aneinander stossenden Matrixzellen der Tracheencuticula, wie besonders aus der letztgenannten Abbildung ersichtlich ist, sehr grosse, fast das ganze Lumen ausfüllende Kerne besitzen und die Membran der Zellen oft sehr zart ist, so tritt allerdings der epitheliale Charakter oft in den Hintergrund, und wir glauben ein mehr oder weniger pigmentirtes ungeformtes körniges Stroma vor uns zu haben, in welchem die Kerne eingebettet sind.

Durch die Versilberung gelingt es aber in der Regel die Zellgrenzen scharf zu markiren.

An der der Cuticula entgegengesetzten Innenseite[1] verschmelzen die Membranen der Tracheenmatrixzellen, und dasselbe gilt für die Integument-Hypodermis, zu einer zusammenhängenden deutlich dopppelt contourirten aber äussert dünnen und gewöhnlich feingestreiften Membran, die bei behutsamer Behandlung wohl auch in einzelnen Stücken von der Epithellage losgelöst werden kann.

Dort, wo es zu einer unmittelbaren Verknüpfung der Tracheen- und Integument-Hypodermis kommt, liegt die Sache nun so:

Beiderlei Zellen strecken sich mehr in die Länge, und bilden in der Regel faserartige Fortsätze (Fig. 66 und 67 *Fa*), welche continuirlich in einander übergehen. Auf diese Weise entstehen also wirkliche Doppelzellen, deren Verbindungsbänder je nach der Lage der betreffenden Epithelien zu einander eine sehr verschiedene Länge haben, und bald ganz gerade verlaufen, bald aber mehrfach gekrümmt erscheinen.

Ihrer Beschaffenheit nach zeigen sie sich entweder ganz hohl, also röhrenartig und mit körniger Zellmasse erfüllt, oder sie bilden solide Fäden, an denen äusserlich kleine Körnchen kleben können.

Eine nicht seltene Erscheinung ist die, dass die Fasern der erwähnten Doppelzellen stellenweise spindelförmige Anschwellungen bilden (Fig. 58 *Fa*), die häufig, indem sie mit körniger Masse erfüllt sind, oder gar grössere Formelemente einschliessen, den Charakter von Kernbildungen annehmen.

An anderen Stellen, und zwar gewöhnlich in der unmittelbaren Nähe der Tracheensuspensorien, wo die Integument-Matrix stärker anschwillt (Fig. 66 $\alpha\beta$), zertheilen sich die besagten Faserfortsätze der Epithelien wurzelartig in mehrere Zweige, die, indem sie auf mannigfache Weise untereinander verschmelzen, ein Maschennetz formiren, das nach innen zu continuirlich in die Basalmembran (*BaM*) übergeht.

Nicht selten (wie z. B. Fig. 66 γ) nimmt dieses grössere Ausdehnungen, und indem es sich vom Integument weiter entfernt und (vergl. Fig. 56 *Pi*) an der Umhüllung und Verbindung gewisser Organe sich betheiligt, den Charakter eines wirklichen Bindegewebes an, das, wie eine Behandlung mit Kalilauge darthut, mehr oder weniger chitinisirt sein dürfte.

Was die Pigmentirung der Hypodermis betrifft, so ist der grösste Theil des gewöhnlich röthlichbraunen Farbstoffes in Gestalt winziger Körnchen in den äusseren Partien der Zellen gewöhnlich um die Kerne derselben abgelagert. Indess findet man die Pigmenttheilchen auch in grösserer Tiefe, ja bis hart an die Grenzmembran, wie wir das in Fig. 60 von der Haut der Feldgrille möglichst naturgetreu wiederzugeben versuchten.

Unterhalb der Trommelfelle, wo (vergl. Fig. 49 *T*) die Hypodermis nur eine ganz dünne Lage von Pflasterzellen bildet, wird bei den ausgewachsenen Thieren, sowie in den letzten Stadien, wo die Tympana so gut wie fertig sind, eine Ablagerung von Pigmenten entweder gänzlich vermisst, oder sie beschränkt sich, was noch häufiger vorkommt, auf einige sparsam zerstreute Körnchen, welche, wie wir wissen, die Durchsichtigkeit der Trommelfellmembran nicht merklich alteriren.

Ausdrücklich müssen wir noch hervorheben, dass die Matrix der Tympana, obwohl ihr jene der Tracheen ganz hart anliegt, keineswegs mit letzteren verschmilzt, sondern durch eine deutliche wenn auch fast unmessbar feine Grenzmembran getrennt wird.

Gewebe des inneren und äusseren Beincanales.

Durch das in der Mitte der Tibia verlaufende und in der Tympanalgegend hart an die Seitenwände derselben sich anschliessende Luftrohr wird das übrige Beinlumen in zwei Canäle getheilt, die, in der Grösse und Form oft ganz übereinstimmend, hinsichtlich der davon eingeschlossenen Organe, resp. Gewebe ganz wesentlich von einander abweichen.

[1] Gewöhnlich wird allerdings die reifen- oder spirallinienartige Verdickungen tragende Chitinlage als Intima bezeichnet; es scheint mir aber zweckmässiger, die dem Körperlumen zugekehrte Wand als solche aufzuführen.

Da der äussere dieser Canäle (Fig. 54 *A*), soweit er nicht von Antheilen des Corpus adiposum eingenommen wird, als Blutleiter fungirt, wollen wir ihn als äusseren Blutcanal schlechthin bezeichnen, während sich für den inneren (d. i. dem Körper zugewendeten) Hohlraum (Fig. 54 *J*), der ausser den dicken Tibial- und Tarsalnervensträngen (*ti N* und *ta N*) grösstentheils von Muskeln, die dem äusseren Blutcanal ganz fehlen, eingenommen wird, der Name Muskelcanal empfehlen dürfte.

Wir wollen uns zunächst mit diesem näher bekannt machen. Um seinen Inhalt blosszulegen, spaltet man entweder das betreffende Beinstück längs der Aussenwand oder man schneidet mit einem scharfen Rasiermesser das Bein in der Richtung der verticalen Längsebene entzwei, wobei es dann keinen Anstand hat, unter dem Präparirmikroskop die gewünschten Theile zu isoliren. Von Vortheil ist es auch, das Object früher etliche Tage z. B. in Müller'scher oder Oxalsäurelösung zu maceriren.

Verfolgen wir, und zwar zunächst bei der Feldgrille, an der Hand der Fig. 43 den Verlauf der im Muskelcanal eingeschlossenen Hauptnervenstränge: Unterhalb des Knies ziehen, und zwar bis in die Tympanalgegend hart nebeneinander und nahe dem Luftrohr (*tr*) zwei Nervenäste in den unteren Theil der Tibia herab. Der dickere davon (*ti N*), bei 0·08 Mm. breit, löst sich in der Trommelfellregion in zwei Äste (1 und 4) auf, wovon der eine schon im mittleren Tibialabschnitt zu den Muskeln (M_1 M_2 M_3 M_4) hintretend, in feinere Fasern zerfällt, während der andere Zweig ohne Abgabe von Seitenästchen erst im unteren Tibialtheil sein Ende erreicht.

Ein kleiner Seitenzweig des ersterwähnten Nervs bildet unterhalb der Tympanalgegend, was noch einer genaueren Untersuchung werth wäre, eine ziemlich grosse sackartige Anschwellung dicht erfüllt von Ganglienzellen, die bei einem Durchmesser von 0·013 Mm. einen schönen Kern von 0·0037 Mm. einschliessen. Offenbar hat man es hier mit Theilen des sogenannten sympathischen Systems zu thun, und ist der eben besprochene Nervenstrang nach dem Gesagten als Tibialnerv zu bezeichnen.

Der zweite, anfänglich, wie bemerkt, neben dem genannten Nerv herlaufende Ast (*ta N*) geht unverzweigt in den Tarsus über, wesshalb wir ihn unter dem Namen Tarsalnerv aufführen. Seine Breite beträgt 0·04 Mm.

In der Fig. 69 wird man die gleichbezeichneten Nervenstränge gleich wieder erkennen, während uns der tympanale Querschnitt Fig. 59 ihre Lagerung zu den übrigen Theilen des Muskelrohres ersichtlich macht. Wie wir sehen, legt sich der Tibialnerv (*ti N*) in gleicher Weise, wie bei den Locustinen (vergl. die Fig. 49 und 54) in die tief eingefurchte Innenwand der Tympanaltrachea hinein und lässt am Querschnitt, ausser der cuticulären Scheide, im Innern des fibrillären Axencylinders noch deutliche Kernbildungen unterscheiden.

Von Muskeln finden wir bei der Feldgrille in der Tympanalgegend nur zwei (M_1 und M_2 Fig. 43),[1] wovon der eine, wie wir unter Beiziehung der Fig. 10 (*S*) erkennen, vermittelst eines starken Sehnenbandes am oberen Ende der Tibia sich inserirt, während sich der andere weiter unten anheftet. Es sind die Tarsalmuskeln.

Was den Bau ihrer Sehnen anlangt, so erweisen sich diese sowohl bei freier Präparation als an Querschnitten studirt als röhrenförmige Einstülpungen des Integuments.

In Fig. 46, 49 u. s. w., wo sie im Querschnitte (*S*) erscheinen, erkennt man daran, namentlich nach Aufhellung durch Kalilauge, ein meist spaltenartig verengtes Lumen, eine concentrisch geschichtete Cuticula und äusserlich einen Ring von Epithelzellen, welche ihrerseits wieder von einer zarten Basalmembran bedeckt sind.

Bei den Locustinen (*Ephippigera*, *Locusta*, *Deinacrida* etc.) ist das Verhalten der locomotorischen Organe des Muskelcanales der Hauptsache nach mit jenem bei der Feldgrille näher beschriebenen übereinstimmend, und müssen wir diesbezüglich auf die entsprechenden Abbildungen (namentlich Fig. 70 und 49) verweisen. Wir begegnen ausser einem Tibial- und Tarsalnerv einer ziemlich wechselnden Anzahl von

---

[1] Besser, da sie zur Bewegung, Streckung und Beugung des Tarsus dienen, als Tarsalmuskeln zu bezeichnen.

selbständigen Muskeln, die entweder sammt den Nerven, wie bei *Deinacrida* (Fig. 54) in der mehr erwähnten Tracheenfurche liegen, oder, wo diese minder stark entwickelt ist (*Locusta*, Fig. 49), auch ausserhalb derselben Platz finden.

Die von den bisher besprochenen Beziehungsorganen übriggelassenen Räume des Muskelcanales werden grösstentheils von spinnwebeartig zwischen denselben sich verbreitenden, bisweilen auch Fettzellen enthaltenden Bindegewebe, theils von damit eng verknüpften Tracheenverzweigungen ausgefüllt, derart aber, dass das Blut hinlänglich freie Bahnen zu seiner Bewegung findet.

Dort, wo der grosse Tracheenstamm, wie ober- und unterhalb der Tympanalgegend, vom Integumente sich mehr in das Innere zurückzieht und die furchenartige Aushöhlung der Innenwand wegfällt, ist das Bild des Muskelcanales ein wesentlich anderes.

Namentlich gilt dies für die supratympanale Gegend. Wie wir bei der Grille gesehen, fallen die Bäuche der Tarsalmuskeln vorwiegend in die Tympanalregion, und damit steht wohl auch die Hervorwölbung der Innenwand bei gewissen Formen im Zusammenhang.

Ober den Trommelfellen aber, wo die Muskeln dünner und von manchen am Querschnitt nur die schmalen Sehnen getroffen werden, ziehen sich die locomotorischen Theile auf ein kleineres Lumen zurück (Fig. 56), während der dadurch frei gewordene Raum, wie namentlich Fig. 58 deutlich macht, theils von den Tracheensuspensiorien, theils von den dazwischen eingeschalteten mit Fettgewebe erfüllten Höhlen (Fig. 56 F_1 und F_2) occupirt wird.

Indem sich aber der Muskelcanal von der Trachea mehr zurückzieht und dadurch der durch dessen Wände hergestellten Umwandung beraubt wird, ist es das vom inneren Integument hervorgehende Bindegewebe (*Bi*), welches, um die locomotorischen Gebilde sich herumwölbend, ein förmliches, wenigstens auf einer Seite concentrisch geschichtetes Rohr für dieselben herstellt, das unter einem auch als Blutbahn in Verwendung kommt.

Wenn wir vorläufig von den im äusseren Blutcanal verlaufenden Nerven und den Endorganen derselben absehen, lässt sich der Bau derselben mit wenigen Worten bezeichnen.

Man beobachtet nämlich in ihm weiter nichts, als von Tracheennetzen eng umstrickte Fettgewebsmassen und dazwischen liegende grössere oder kleinere von Blut erfüllte Hohlräume. Schwankend, sowohl für die verschiedenen zur Untersuchung gezogenen Objecte als für die einzelnen Partien eines und desselben Blutcanales, ist nur die Vertheilung der ersteren, über welche einzig und allein nur Querschnitte entsprechenden Aufschluss geben.

Speciell zu diesem Zwecke dürfte die Hyperosmiumsäure allen andern Reagentien weit voranstehen. Nach ungefähr zwölfstündigem Liegen des Präparates in einer 0·3% Lösung dieser Säure, zeigt sich dasselbe ausgezeichnet schnittfähig, und lassen sich die eigenthümlich schwärzlichgrün gefärbten Fettzellen sehr gut übersehen, während die mit Kali bichr. oder Alcohol gehärteten Sachen an dem Übelstande leiden, dass häufig durch die gerinnende Blutsubstanz die Umrisse der Fettzellen verwischt erscheinen, und nur die Kerne häufig schwer von den Blutkörperchen zu unterscheiden, in erwünschter Weise zur Ansicht kommen.

Letztere, sowie besonders die Kernkörperchen können übrigens am besten durch Pikrokarmin demonstrirt werden, welches bei allen hier zur Sprache kommenden Schnittpräparaten ganz ausgezeichnete Dienste leistet.

Hinsichtlich des Baues der Fettkörperzellen können wir uns kurz fassen. Sie bilden (Fig. 55 *Fz*) bis 0·03 Mm. (*Locusta, Ephippigera*) grosse kugelförmige, durch gegenseitigen Druck aber mehr poliëdrisch gestaltete Blasen, erfüllt von einem feinkörnigen, theils gelblichen (Feldgrille), theils grünlichen (*Locusta, Decticus*) Inhalte, in dem verhältnissmässig nur spärliche grössere meist gelbe Fetttröpfchen beobachtet werden. Am charakteristischesten für sie ist der Kern. Derselbe (*FK*), zwischen 0·007 bis 0·01 Mm. messend, ist in der Regel rundlich, von ziemlich grobkörnigem Inhalt, öfters excentrisch in der Zelle gelagert, und lässt fast durchgehends zwei bis drei kleine aber sehr scharf hervortretende Kernkörperchen unterscheiden, die von Karmin sehr intensiv geröthet werden.

Beobachtungen an verschiedenen Entwicklungsstadien von *Decticus* beweisen, dass die Grösse der Fettkörperelemente vom dritten Stadium bis zur vollständigen Ausbildung nahezu um das Doppelte (nämlich von 0·017 bis 0·03 Mm.) zunimmt, während sich jene der Kerne nicht merklich verändert.

Dass die Entfaltung und Vertheilung der Fettgewebsmassen eine sehr variable sei, wurde schon früher angedeutet; im Allgemeinen lässt sich nur soviel aus meinen zahlreichen diesbezüglichen Nachforschungen entnehmen, dass in der Tympanalregion die freien Bluträume ausgedehnter erscheinen, als nahe dem oberen Ende derselben, wo (Fig. 55) fast der gesammte Canal mit Fettgewebe förmlich angeschoppt ist.

Aus dem eigens mit der Camera luc. gezeichneten supratympanalen Querschnitt von *Locusta* in Fig. 71 ergibt sich, dass das Corpus adiposum hauptsächlich der Hinterwand des Blutcanales (F) anliegt, während an der Vorderseite, wo in der Spalte zwischen Trachea und Integument der hier zur Endigung kommende Sinnesnerv (SN) herabläuft, eine verhältnissmässig nur kleine, den genannten Nerv einhüllende Fettgewebsmasse beobachtet wird.

So viel ist aus dem eben Mitgetheilten jedenfalls zu entnehmen, dass der äussere Blutcanal an der Vordertibia der *Digastria* keineswegs, wie dies Hensen gethan, einer Labyrinthblase verglichen werden kann, da er sich in gar nichts von anderen Blut- und Fettgewebe führenden Leibeshohlräumen unterscheidet, und, wie uns Fig. 56 lehrt, wesentlich ganz identisch ist mit den zwischen den Tracheensuspensorien eingeschalteten seitlichen Cavernen (F_1 F_2), mit denen er auch das reiche Tracheennetz (Fig. 59, 69 und 70 F) gemein hat.

IV. Die tympanalen Nervenendorgane der Locustinen und Gryllodeen.

Es ist verhältnissmässig leicht, ein seinen wesentlichsten Grundzügen nach bereits bekanntes Organ eingehender auf dessen Bau zu untersuchen; es gehört aber das Geschick eines Siebold dazu, ein Gebilde von der ganz eigenartigen, um nicht zu sagen fremden Natur des tympanalen Nervenendorgans der Laubheuschrecken zu entdecken und in einer selbst für die gesteigerten Anforderungen der Jetztzeit noch mustergiltigen Weise darzustellen.

Die spätern Untersucher desselben Gegenstandes, Leydig und Hensen, haben, und besonders der Letztere, manche Verhältnisse genauer festgestellt, ja einige sehr wichtige neue Beziehungen aufgedeckt, dafür sind sie aber in der Auffindung und richtigen Deutung gerade der allerwesentlichsten Theile, wie unten des Weiteren gezeigt werden wird, ganz entschieden hinter Siebold zurückgeblieben, und es hat uns im Laufe unsererer eigenen diesbezüglichen Nachforschungen nicht wenig Freude gemacht, zu sehen, dass unsere Resultate vielfach mit denen Siebold's übereinstimmen, und wir so in die Lage kamen, manche, wie es schien fraglich gewordene Daten dieses Forschers als völlig sachgemäss bestätigen zu können.

Bevor wir hierauf näher eingehen, ist es nothwendig, eine gedrängte Übersicht von dem zu geben, was die genannten Zoologen ermittelt haben.

Wir beginnen zuerst mit Siebold's Darstellung [1].

Mit der grossen Trachealröhre der Vorderbeine, so berichtet er, steigen zwei aus dem ersten grossen Brustganglion entspringende Nerven herab, wovon wir den stärkeren bereits oben als Tibialnerv kennen gelernt haben. Der schwächere dieser Nerven gibt im Femur einige Seitenäste ab, wendet sich dann, nachdem er abermals einen Zweig abgegeben, am Knie zur Seite, und nimmt seine Richtung gerade nach der „kahnförmigen" Aushöhlung der grossen Luftblase.

Hier breitet er sich zu einem flachen Ganglion aus, dessen unteres Ende in Form eines allmählig sich verschmälernden Bandes längs der bezeichneten Tracheen-Cavität herabläuft und am unteren Ende derselben sich anheftet. Der erwähnte flache Anfangstheil des Ganglions ist nur mit etwas schmutzigweissem Pigmente bestreut und enthält eine Menge ovaler körniger Gebilde, welche, als Kerne gedeutet, auf die Anwesenheit verschmolzener Ganglienzellen hinweisen dürften. Bei genauerer Untersuchung entdeckt man

[1] A. a. O. p. 75—79.

im Innern dieser Ganglienmasse, zwischen den Zellkernen zerstreut, eine Anzahl ganz ähnlicher gestielter Stäbchen, wie sie am Tympanalganglion der Schnarrheuschrecken vorkommen.

Der erwähnte untere bandartige Ganglionfortsatz erscheint von oben (d. h. auf unserer äusseren, der Tracheenwand zugekehrten Fläche) eben, von der Seite angesehen aber „wellenförmig uneben".

Auf der der Trachea zugekehrten (unteren) Seite finden sich „in der Substanz des Bandes" dieselben auf Ganglienzellen hindeutenden Kerngebilde wie im flachen Ganglion. Auf der „vorderen" (freien) Fläche dieses Bandes liegt eine einfache Reihe von nach unten immer kleiner werdenden Blasen dicht aneinander gedrängt, wodurch eben die wellenartige Profilansicht zu Stande kommt. Der feste Zusammenhang dieser Blasen, von denen gewöhnlich 30 bis 45 gezählt wurden, machte es Siebold unmöglich, ihre Beschaffenheit gerade an der Stelle zu erforschen, „wo sie aus der Substanz des Bandes auftauchen".

„Auf der freien äusseren Seite dagegen erscheinen sie als wasserklare dickwandige hohle Körper, nach der freien Fläche hin abgerundet und an den gegenseitigen Berührungsstellen abgeplattet. Aus ihren dicken Wänden schimmert oft ein ovaler Kern hervor, und jede einzelne Höhle, welche sie einschliessen, enthält in einer klaren Flüssigkeit einen den gestielten Stäbchen der Acridioideen (und des flachen Ganglions) analogen Körper. Sie sind aber grösser und weniger in die Länge gezogen. Im Ganzen besitzen sie eine birnförmige Gestalt, ihr dickeres, stumpf abgerundetes Ende ist bei allen nach vorne (aussen) gerichtet, während der von ihrer Spitze ausgehende Faden gerade nach hinten in die bandförmige Nervenmasse hineinragt."

Siebold wirft noch schliesslich die Frage auf, ob diese Fäden nicht die Primitivfasern des zugehörigen Nervenstammes sind. So viel konnte er wenigstens wahrnehmen, dass sie, nach oben umbiegend, gegen das obere Ganglion hinlaufen.

Fraglich bleibt es Siebold auch, ob die blasenförmigen Körper ausgedehnte Ganglienkugeln darstellen, welche dann an der Eintrittsstelle des Nerven offen sein müssten, oder ob die wellenartig erhobene freie Fläche des Nervenbandes vielleicht davon herrührt, dass die zu den birnförmigen Körperchen angeschwollenen Enden der primitiven Nervenfäden die äussere Fläche der bandförmigen Ganglienmasse blasenartig erhoben haben.

Hinsichtlich des flachen oberen Ganglions bemerkt Siebold sehr richtig, dass dasselbe entweder an der blasenartigen Tracheenerweiterung oder am entsprechenden Tibien-Integument haften bleibt, wodurch es alsdann schwer aufzufinden ist.

Auf die entsprechenden Abbildungen Siebold's übergehend, müssen wir Folgendes bemerken.

Die Darstellung des flachen Ganglions (Fig. 14 *m*) und dessen Verhalten zum Nerven ist allerdings so klein und unvollständig, dass man sich einerseits nicht wundern darf, dass die späteren Bearbeiter davon soviel wie keine Notiz genommen haben, wenn andererseits auch die Zeichnung der hier eingebetteten, „gestielten Stäbchen" in Fig. 7, von einigen Punkten abgesehen, wegen ihrer Exactheit geradezu überrascht. Minder gelungen ist jene der birnförmigen Körperchen. Völlig sachgemäss hingegen wiederum Fig. 16, wo der frei hervorragende Theil des unteren bandförmigen Endorgans (vergl. z. B. unsere mit der Camera luc. gezeichnete Abbildung Fig. 94) ganz prächtig getroffen und sogar, wenn auch sichtlich mit ängstlicher Genauigkeit die Contour der die „klare Flüssigkeit" einschliessenden Binnenblase angegeben ist.

Leydig, der, wie wir im zweiten Abschnitt hören werden, sich um die Erforschung der tympanalen Nervenendigungen der Acridier grosse Verdienste erworben, scheint das entsprechende Organ der Locustinen nicht so genau geprüft zu haben. Wir schliessen das schon aus der, wenigstens für den unteren Theil desselben irrigen Angabe, dass die Endblasen in mehreren Reihen nebeneinander längs der Trachea sich forterstrecken." Das „birnförmige Körperchen" Siebold's beschreibt er als ein kolbenförmiges, viereckiges Stäbchen, das, wie er sehr richtig beifügt, noch von einem hellen Raume umschlossen ist, und im Einklang mit den vier Seitenkanten ein regelmässig vierlappiges mützenförmiges Ende besitzt, was namentlich nach Essigsäurebehandlung sehr deutlich sein soll. Seine auf Taf. XVI, Fig. 19 *b* gegebene

Darstellung der Endblase schliesst sich an jene Siebold's an, nur vermisst man den Kern. Nach unten lässt Leydig die Blase in eine Röhre auslaufen. Die in Fig. 19*c* gegebene Ansicht des kolbenförmigen Gebildes von oben steht im entschiedenen Widerspruch mit meinen in dieser Richtung gewiss sehr ausgedehnten Erfahrungen.[1].

Die seit Siebold unstreitig genauesten Untersuchungen der tympanalen Nervenendigungen der Locustinen verdanken wir v. Hensen, der schon wegen seiner vielfachen anderen einschlägigen Studien, wir erinnern speciell an die classische Arbeit über die Gehörorgane der Decapoden, zu einer neuerlichen sorgfältigen Prüfung dieser Gebilde in erster Linie berufen war.

Er hat nun auch in der That einige sehr bemerkenswerthe neue Gesichtspunkte eröffnet, und es würden uns seine Bemühungen um die Untersuchung eines Organs, von der der gewiegte Histologe eingesteht, dass sie im Ganzen eine „unausstehliche“ zu nennen ist, noch bedeutender erscheinen, wenn seine Auffassung hinsichtlich des Baues der Endblasen nicht allzuviel Gezwungenes an sich trüge.

Wir lassen hier eine kurze Darstellung und zum Theil Kritik der wesentlichsten Punkte seiner diesbezüglichen Arbeit folgen, werden aber dann noch später auf sie etliche Male zurückkommen müssen.

Das wichtigste Resultat der Hensen'schen Untersuchung ist der Nachweis, dass die bandförmige, stark nach aussen vorspringende Endblasenreihe Siebold's, welche Hensen als Crista acustica bezeichnet, längs der Mitte der Vordertrachea sich erstreckt, während der eigentlich erst von Hensen entdeckte zugehörige Nerv in einiger Entfernung davon, nämlich im Winkel zwischen dem Trommelfell und der genannten Tracheenblase, und zwar ziemlich parallel mit der Crista herabläuft, und dass die einzelnen Endblasen mit dem Nerv durch quer über die Trachea herübergehende Nervenfasern, die sich als peripherische Ausläufer der dem Nerv anliegenden Ganglienzellen erweisen, verbunden sind.

Nicht minder wichtig ist ferner die gleichfalls von Hensen zuerst eruirte Thatsache, dass der freie Theil der Gehörleiste mit einer dünnen Chitinmembran überzogen und dadurch vom übrigen Raum des Blutcanales abgeschlossen ist. Er sagt hierüber[2] Folgendes:

„Diese Membran, die wohl von den durch Leydig nachgewiesenen, chitinisirten Nervenhüllen herzuleiten ist, bildet an den Seiten der Leiste verdickte Streifen, die aber wegen der Abschüssigkeit der Crista an dieser Stelle dunkler hervortreten, als wie es ihrer wirklichen Dicke entspricht. Sie lassen sich leicht abziehen, nur der Chitinüberzug auf der Mitte der Leiste lässt sich nicht gut entfernen.“

Wenn wir zunächst bei dieser Deckmembran verweilen, so ist die beschreibende und bildliche Darstellung derselben im Allgemeinen richtig.

Am diesbezüglichen Querschnitt in Hensen's Fig. 6 vermisst man zunächst nur eine genauere Darstellung des Ursprungs und des Verhaltens der Deckmembran an den Seiten der Leiste, sowie dann ferner nirgends die nähere Beziehung derselben zu den Endblasen nachgewiesen erscheint.

Wir haben nun auf Hensen's Darstellung der Hörleiste selbst näher einzugehen.

Der Anfang derselben, sowie die Natur des Nerven vor seiner ganglionären Auflösung ist ihm so gut wie Oskar Schmidt[3] völlig verborgen geblieben. Wenigstens lässt uns die betreffende Abbildung (Fig. 5) hierüber ganz im Ungewissen und der Text enthält nur eine Wiederholung des bereits bekannten Siebold'schen Befundes. Er sagt:

Am Anfang der Hörleiste liegt die von Siebold als Ganglion bezeichnete und, was sehr richtig ist, „von Pigment etwas verdeckte Anhäufung von Stiften.“ „Diese Stifte mit ihren Blasen — sagt er dann weiter —

---

[1] In seinem Handbuch der Histologie empfiehlt Leydig, da das Endorgan der Locustinen ziemlich schwer zu präpariren sei, die Tibien kleinerer Formen in toto zu mikroskopiren, was wir gleichfalls als sehr vortheilhaft erachtet haben.

[2] A. a. O. p. 195—196.

[3] Die Gehörorgane der Heuschrecken. Archiv. f. mikrosk. Anat. Bd. XI. Eine nach Vollendung meines Opus erschienene und mit gewohnter Meisterschaft verfasste Schrift, die, wie uns der Verfasser sagt, auf dreimonatlichen Studien beruht, hinsichtlich der darin niedergelegten Thatsachen aber mit unseren viel reicheren Erfahrungen in vielfachem Widerspruche steht. Eine genaue Gegenüberstellung und sorgsame Nachprüfung wird aber, das bin ich fest überzeugt, durchgehends zu unseren Gunsten entscheiden.

bilden gleichsam ein aufgewundenes Ende der Leiste", eine Angabe, welche am Besten beweist, dass sich Hensen über diese Gebilde nicht klar geworden.

Von der Gestalt der successive von oben nach unten an Grösse abnehmenden Blasen der Crista bemerkt Hensen: „Die grösseren davon sind von oben gesehen rund, die kleinsten platten sich dagegen aneinander ein wenig ab und werden sogar keilförmig."

Der erste Theil dieser Angabe ist nicht richtig und steht auch im offensten Widerspruch mit den durchaus naturgetreuen Abbildungen in Fig. 4, 5 und 7, wo Hensen die Blasen des oberen Theiles der Leiste als in die Quere gezogene, an den Ecken abgerundete Rechtecke darstellt.

Eine grosse und höchst anerkennenswerthe Sorgfalt hat Hensen auf die Erforschung der sogenannten birnförmigen Körperchen verwendet. Er beschreibt sie zunächst als drehrunde, also nicht vierkantige, hohle Gebilde, an denen ein Kopf (Fig. 75* *K*) und eine Spitze (*Sp*) zur Unterscheidung kommt.

Während Siebold den Nervenfaden (*ch*) von der letzteren ausgehen sah, wies Hensen nach, dass derselbe vom Kopf des erwähnten Körperchens entspringe. Man sieht nämlich, sagt er, längs der Mitte desselben einen „dunklen Strich" verlaufen, der wie eine Fortsetzung jenes Fadens sich ausnimmt, und der von oben als centraler Punkt gesehen wird. Er bezeichnet ihn als Chorda.

Die schon von Siebold angedeutete, verdickte Spitze des Körperchens rührt nach Hensen daher, dass (vgl. Fig. 75*) die Membran des Stiftes hier verdoppelt ist, indem sich die äussere Membran nach innen gegen die Chorda zu einstülpt und dann wieder zurückläuft. „Von da an, wo diese glänzende Verdickung aufhört, löst sich die innere Membran von der äusseren ab, wird zarter und läuft nun als weit abstehende Hülle, die Chorda begleitend, bis zum verdickten Kopf des Stiftes hin." Hensen gesteht übrigens, dass es schwer sei, sich über diese Hülle Klarheit zu verschaffen.

Wir werden später zu zeigen Gelegenheit haben, dass Hensen in diesem äusserst delicaten Punkte, der Hauptsache nach wenigstens, ganz Recht hat, und dass wir seine diesbezüglich geäusserten Zweifel, ob das betreffende Gebilde nicht doch nur eine Art Schattenbild sein möchte, völlig zerstreuen können.

Der innere Tubus, fährt Hensen dann fort, geht mit der Chorda zur körnigen Masse im Kopf des birnförmigen Körperchens, ich glaube, dass er dieselbe dann umhüllt (vergl. seine Fig. 9 *A*), aber ich konnte ihr hier nicht weiter folgen. Man sieht zuweilen um die Chorda einen Kreis verlaufen, wenn man auf ihren Durchschnitt sieht; ich beziehe dies Bild jedoch auf den Schatten, welcher von dem Vorsprung, den die körnige Masse nach dem Innern des birnförmigen Körperchens macht, gebildet wird (vergl. seine Fig. 11 und nicht 9 *A*, wie Hensen selbst irrthümlich angibt).

Auch diese, und zwar ausserordentlich schwierige Beobachtung muss im Wesentlichen von uns bestätigt werden, und gibt das beste Zeugniss von der subtilen Genauigkeit des berühmten Histologen.

Minder befriedigt uns die Darstellung hinsichtlich des Baues der einzelnen Glieder des bandförmigen Organs. Hensen schreibt: „Zu jedem der Stifte (birnf. K.) gehören wesentlich vier Zellen: eine obere, die ihn überlagert und die wir als Deckzelle bezeichnen wollen (Fig. 75* *d*), zwei seitliche (Seitenzellen *sz*) und eine Basalzelle (*ba*). Die feinkörnige Deckzelle enthält einen deutlichen Kern, ragt mit convexer Fläche in das Labyrinthwasser (?) vor und liegt auf den beiden Seitenzellen mit hohler Fläche auf. Sie besitzt eine auffallend dicke Membran, die so resistent ist, dass, wenn zuweilen an Schnitten der Inhalt heraustrat, die Membran die Form der Zelle behielt und der Stift daran hängen blieb.

Vielleicht ist diese Hülle nicht gerade als Zellmembran, sondern als Verdickungsschichte zu bezeichnen, umsomehr, als ihre freie Fläche mit dem oben erwähnten, schwer isolirbaren Mittelstreifen der Chitinüberkleidung des Bandes identisch ist. Diese Membran ist es, die den Kopf des Stiftes umhüllt und von dem Kopfe (nicht der Spitze!) an weiterlaufend, die äussere Hülle des Stiftes bildet (vergl. Fig. 75 *d* und *bi*).

Die beiden Seitenzellen sind am besten an Querschnitten wahrzunehmen, sie sind gross und relativ blass, mit einem gewöhnlich schwach hervortretenden Kern versehen. Aussen sind sie von der seitlichen Chitinmembran überzogen, innen liegen sie mehr oder weniger aneinander und umgeben den Stift und die Chorda; von der Seite gesehen, enden sie zugespitzt. Ich glaube, dass durch sie die Seitentheile

des Stiftes ausgeschieden sein mögen, wenngleich beim erwachsenen Thiere sie demselben nicht mehr anhängen.

Die Basalzelle ist ein bandförmig gestrecktes Gebilde, sie fällt durch ihren dunklen und etwas birnförmigen Kern (*ba*) ins Auge, den man selbst von oben bei tiefer Einstellung noch erkennt.

Bei genauerem Zusehen zeigt sich dann weiter, dass um diesen Kern noch blasse und homogene Zellenmasse liegt, welche auf die Chorda übergeht und diese bis zum Stift hin umkleidet, wahrscheinlich noch mit ihr in den Stift hinein sich erstreckt. Ich konnte lange nicht volle Sicherheit darüber erlangen, ob die Chorda sich etwa mit dem Kern der Basalzelle verbinde oder nicht, bekam aber Präparate, aus denen hervorging, dass sie an ihm vorbei und in den gleich zu besprechenden Fortsatz (*vN*) der Ganglienzelle (*Gz*) hineingeht.

Das ganze Verhalten des Überganges der Chorda in die schon oben erwähnten, von Hensen entdeckten peripherischen Ausläufer der beerenartig dem Nerv seiner ganzen Länge nach aufsitzenden und durch einen „relativ dicken Faden" damit verbundenen Ganglienzellen, erinnert unseren Autor an gewisse, von Leydig geschilderte Einrichtungen ähnlicher Nervenendigungen bei den Zweiflüglern.

Hinsichtlich der „wasserklaren Höhle", in welcher nach Siebold's und Leydig's Darstellung die Stifte eingebettet liegen, meint Hensen, dass sie durch Zurückweichen der beiden Seitenzellen gebildet wurde, fügt aber bei: „sie ist jedoch nicht constant, und ich bin im Zweifel, ob sie durch die Präparation etwa entstanden ist, oder ob sie umgekehrt durch dieselbe zuweilen zum Verschwinden gebracht wird. Ich neige mich der ersteren Annahme zu, habe aber leider versäumt, mich am frischen Material über diese Frage aufzuklären."

Betreffs der Zahl der einzelnen Blasen der Leiste zählt Hensen, „wie v. Siebold" 45. Messungen der besprochenen Gebilde finden sich bei Hensen so wenig wie bei Leydig und Siebold angegeben.

Wenn wir uns schon jetzt in eine Kritik der von Hensen betreffs des Baues der „Gehörleiste" angegebenen Auffassung einlassen, so geschieht dies zunächst nur in soweit, als sich die Unwahrscheinlichkeit derselben schon aus Hensen's eigener, z. Th. sich widersprechenden Darstellung nachweisen lässt.

Wir gehen von der „wasserklaren Höhle" aus. In seiner Figur 7, die ich als völlig naturgetreu anerkenne, erscheint dieselbe in der Mehrzahl der abgebildeten Blasen als ein ziemlich scharf contourirter heller Kreisfleck.

Dies wäre aber unmöglich, wenn um jeden „Stift", wie Hensen behauptet, je 3 Zellen vorhanden wären. Ich weiss zwar nicht, von welcher Form Hensen die Seitenzellen sich denkt, da sie aber den „Stift" allseitig umgeben sollen, so müssten sie von der Seite her ungefähr gleich zwei mit den Fingerspitzen und Handballen sich berührenden Hohlhänden den Stift umfangen. So viel ist sicher, dass, mag ihre Gestalt welche immer sein, der zwischen ihnen und der Deckzelle liegende von körniger Ablagerung freie und daher helle Hohlraum nimmermehr die Form eines Kreises (Fig. 75 *A*) haben kann, sondern etwa das Aussehen der in Fig. 75 *B* dargestellten Figur, wo der fragliche Raum bei der Ansicht von oben bis an die Ränder der Deckzelle sich erweitern muss, und für den Fall, dass die Seitenzellen gegen den Umfang der Zellgruppe hin sich ganz fest aneinanderschliessen, müsste doch mindestens eine Grenze zwischen beiden — vielleicht in Gestalt eines dunklen Striches — im optischen Querschnitt zum Vorschein kommen, was aber Alles in Hensen's Figuren nicht angedeutet ist.

Den triftigsten Beweis für die Unhaltbarkeit der Hensen'schen Darlegung sehe ich in den einander zum Theil völlig widersprechenden Abbildungen. In Fig. 8, 10, 11 und 13 erscheint die Deckzelle in der Seitenansicht nierenförmig, am Querschnitt Fig. 6 dagegen halbkreisförmig, während in Fig. 12 die Deckzelle von den Seitenzellen nur durch ihren dunkler gehaltenen Inhalt, aber durch keinerlei Membran abgegrenzt wird.

Ganz verschieden in den einzelnen Figuren ist das Verhalten der Seitenzellen in ihrer unteren der Trachea zugekehrten Partie. In Fig. 10 (Seitenansicht) sind sie fein zugespitzt, und scheinen, während die Chorda durch sie durchtritt, vom bandförmigen Ausläufer der sog. Basalzelle umfasst zu werden, während sie in Fig. 12 continuirlich in die Basalzelle verlaufen, so dass sich hier die Umgebung des Stiftes als ein ganz einheitliches Gebilde, also ganz im Sinne Siebold's und Leydig's darstellt.

Was die bandförmige Basalzelle anlangt, so sehen wir davon in allen Abbildungen weiter nichts als einen Kern, von dem nach oben der band- oder besser röhrenartige Fortsatz entspringt. So wie die Sache vorliegt, kann man das Gebilde unmöglich eine Zelle nennen, und wenn auch bemerkt wird, dass der Kern von etwas Protoplasma umlagert werde, so muss ich daran erinnern, dass dieses wahrscheinlich der weichen Hautlage der Trachea angehört.

Unerklärlich bleibt mir diesbezüglich besonders Fig. 8, wo die Seitenzellen gleichfalls ganz continuirlich in die sogenannte Basalzelle übergehen, und der bandförmige Streifen der letzteren anstatt in den Kern (*d*) überzugehen, sich seitlich (in d. Abbildung rechts) davon noch fortsetzt.

Das Verhalten der Chorda zur „Basalzelle“ anlangend sei vorläufig nur bemerkt, dass meines Wissens kein Fall sicher constatirt ist, wo ein Nerv die Membran einer Zelle irgendwo durchbohrt, wie es Hensen hier angibt, um dann innerhalb derselben zu verlaufen, sondern dass dort, wo eine innige Verbindung von Zellen und Nervenendfäden stattfindet, dieselben continuirlich in die ersteren übergehen, so dass es in der Regel schwer hält, wenn nicht geradezu unmöglich ist, zu sagen, wo der Nerv aufhört und die Zelle beginnt.

Als Resultat einer derartigen Vergleichung der Hensen'schen Abbildungen stellt sich heraus, dass seine Figuren 6, 8, 10, 11, 13 vorwiegend schematischer Natur sind, und nur die auf die Nervenendorgane bezüglichen Darstellungen 3, 4, 7, 15, 16 und zum Theil 9 und 12 einen thatsächlichen Werth haben.

Zum Schlusse unseres kritischen Referates über die bisherigen Leistungen auf diesem, wie alle Forscher einig sind, äusserst schwierigen Gebiete, sei noch erwähnt, dass hinsichtlich der tympanalen Nervenendigungen der Gryllodeen bisher gar nichts bekannt geworden ist, ausser einer ziemlich lakonischen und keineswegs richtigen Andeutung Leydig's in folgenden Worten: „In gleicher Weise, wie die birnförmigen, nach Leydig vierkantigen, kolbenartigen Körperchen der Locustinen verhalten sich die stabförmigen Elemente bei der Feldgrille, deren Gehörganglion ziemlich stark braun pigmentirt ist“.

Auf die Ergebnisse unserer eigenen Untersuchung übergehend, glauben wir nicht nöthig zu haben neuerdings zu wiederholen, dass wir diesem delicaten Gegenstande durch bald zwei Jahre unsere ganze Aufmerksamkeit geschenkt und die hier zur Sprache kommenden Gebilde zu wiederholtenmalen und unter Zuziehung der verschiedenartigsten Hilfsmittel uns angesehen haben, sowie wir uns auch bereit erklären, den verehrten Fachgenossen, was an haltbaren Präparaten in unserem Besitze ist, gerne zur Verfügung zu stellen.

Da, wie sich herausstellen wird, das tympanale Reizorgan der Gryllodeen, wenigstens bei den von uns untersuchten Formen, weit einfacher wie bei den Locustinen gebaut ist, ja nur als ein Abschnitt desselben erscheint, so dürfte es angemessen sein, mit diesem den Anfang zu machen.

Das gabelförmige (supratympanale) Endorgan der Gryllodeen.

Es gelingt unter Anwendung der entsprechenden Präparationsmethode ziemlich leicht, wenn man sich einmal über den Bau des fraglichen Organs den richtigen Begriff gemacht hat, dasselbe in einzelnen Partien zur Anschauung zu bringen, es ist mir aber bisher nur einige Male geglückt, ein derartiges Präparat zu schaffen, an dem man mit einem Blick, und ohne zu Combinationen verschiedener unvollkommener Ansichten greifen zu müssen, das Ganze auf einmal überschauen kann.

Was mir das Studium dieser Gebilde von allem Anfange an ausserordentlich erschwerte, das war der Umstand, dass Leydig das ganze Verhalten derselben mit dem an der Crista der Locustinen verglich, was mich nothwendigerweise anfänglich zu einer ganz verkehrten Auffassung führte, der ich mich nur schrittweise und nicht, ohne gelegentlich wieder in andere Irrthümer zu gerathen, entschlagen konnte.

Hinsichtlich der Präparation kann ich folgende Methode besonders empfehlen.

Will man das Organ in toto, wo möglich mit dem Endstücke des zugehörigen Nervs isoliren, so durchschneide man die Vordertibie einmal eine kleine vielleicht 1 Mm. lange Strecke unterhalb des Knies und dann

---

[1] A. a. O. p. 405 und wiederholt in seinem Lehrbuch der Histologie.

am unteren Ende des kleinen Vordertympanums. Der so erhaltene Tympanalabschnitt wird dann durch einen longitudinalen Verticalschnitt mittelst des Rasiermessers gespalten und der äussere, den sogenannten Blutcanal enthaltende Theil zur weiteren Präparation verwendet. Handelt es sich mehr um leichte Isolirung als um möglichst gute Conservation, so wird man durch mehrtägiges Einlegen des Präparates in Müller'sche, 3% Kochsalz- oder Oxalsäurelösung seinen Zweck fördern, wenn man es nicht vorzieht, durch Anwendung von Goldchlorid die Nervengebilde etwas zu härten.

Als das vorzüglichste Hilfsmittel, namentlich zur Conservation der feineren Gewebstheile, muss wieder die Osmiumsäure genannt werden, die in etwa 0·5% Lösung ungefähr 12 Stunden auf das Präparat einwirken muss, um die Nerven und deren Endigungen entsprechend zu bräunen.

Zur leichteren Auffindung des Ganglions ist es besonders zweckdienlich, mit dem Rasiermesser nur ein ganz kurzes etwa 3/4 Mm. langes Stück zwischen der Mitte des vorderen Tympanums und seines oberen Endes herauszuschneiden und das Innere durch Abtragung der Aussenwand blosszulegen.

Ganz unentbehrlich zum Studium gewisser Theile sind Querschnitte, welche ich theils in Kali bichr. (2% Lösung durch 8—30 und mehr Tage), theils in Osmiumsäure (12 Stunden) gehärteten Schienen entnahm.

Wie sich gleich zeigen wird sind aber höchstens 3—4 Schnitte hier von Belang und erhält man die beste Übersicht, wenn es einem gelingt, die gewünschte Ansicht an einem einzigen etwas dickeren Schnitte zu erlangen, der gerade durch das obere Ende des vorderen Tympanums oder etwas darüber geführt werden muss.

Wenn es gelungen ist, die Weichtheile des supra- und intratympanalen Vorderschienenabschnittes der Feldgrille, an welche wir uns hauptsächlich halten, zu isoliren (Fig. 69), so ist vom tympanalen Sinnesnerv in der Regel noch nichts zu sehen. Derselbe liegt ganz umhüllt von feinen Tracheenreisern und diesen adhärirenden Fettgewebsmassen (*F*), ziemlich enge der vorderen Wand des Tracheenstammes an. Verfolgt man den Nerv (*gN*) nach behutsamer Entfernung der genannten Gewebe nach unten, so bemerkt man gerade gegenüber der Stelle, wo sich das Tracheenrohr in zwei Äste spaltet, und welche genau mit dem oberen Ende des vorderen Tympanums zusammenfällt, eine flache nach Osmiumsäurebehandlung gelblichbraun gefärbte und etwas körnige Ausbreitung des Nerven (*gG*), welche aber vor Allem dadurch deutlich wird, dass in derselben zahlreiche stark glänzende stiftförmige Körperchen eingebettet erscheinen, die uns sogleich an die bekannten birnförmigen Gebilde der Locustinen-Crista erinnern, wenn uns auch bei stärkerer Vergrösserung der beträchtliche Unterschied zwischen denselben nicht entgehen kann.

Von einer bandförmigen unteren oder intratympanalen Verlängerung dieses flachen Endorganes ist dagegen keine Spur vorhanden, und es fehlt der Feldgrille ein der Locustinen-Crista homologes Gebilde ganz und gar, wie ich mich durch die Untersuchung ganzer Hekatomben dieses Insectes besonders durch intratympanale Querschnitte auf das genaueste überzeugt habe.

Weit rascher als durch freie Präparation orientirt man sich über die Lagerung des tympanalen Endorgans durch Querschnitte. Studirt man der Reihe nach alle Diagramme, welche man aus dem Kniestück bis zum vorderen Trommelfell erhält, so ergibt sich Folgendes. Der in Fettgewebe eingewickelte Tympanalnerv (Fig. 59 *TN*) nimmt seinen Verlauf in dem Winkel zwischen dem bindegewebigen Suspensorium der Vorderwand und dem Tracheenstamm, und geht hart ober dem vorderen Tympanum (vergl. Fig. 60), aber etwas unter dem oberen Ende des hinteren Trommelfelles (*mn*) in das flache Ganglion (*gG*) über.

Schneidet man noch weiter, also zwischen den beiden Trommelfellen, so kommt im äusseren Beincanal kein grösserer Nervendurchschnitt zum Vorschein.

Der bezeichneten Lage gemäss möchte sich für unser Ganglion der allgemeine Ausdruck Tympanal-Ganglion, resp. tympanales Endorgan — weil aber das völlig homologe Gebilde bei den Locustinen, wo beide Trommelfelle in derselben Höhe enden, gerade ober denselben liegt — noch besser die Bezeichnung Ganglion supratympanale empfehlen, welcher wir uns auch, gemeinschaftlich mit dem allgemeinen Ausdruck, bedienen wollen.

Bei der *Platydactylus* spec. aus Amboina verhält sich die Situation des erwähnten Ganglions (Fig. 53 *gG*) insoferne von jener bei *Gr. campestris* abweichend, als der dasselbe enthaltende Querschnitt nicht blos ober dem vorderen, sondern auch ober dem hinteren Tympanum, welches hier beträchtlich höher reicht, hindurchgeht. Wenn aber gleichwohl an diesem supratympanalen Ganglionschnitt, wie wir ihn kurz nennen wollen, der Tracheenstamm in zwei Äste sich gespalten zeigt, während bei der Feldgrille hier die Bifurcation noch nicht vollendet ist, so rührt dies daher, dass eben bei *Platydactylus* die Spaltung des Luftrohres relativ höher oben am Beine stattfindet, eine Thatsache, aus der hervorzugehen scheint, dass die Ausdehnung der tympanalen Tracheenspaltung und diese selbst, physiologisch genommen, etwas mehr Nebensächliches sei.

Übergehend auf die nähere Beschreibung der in Rede stehenden Gebilde, halten wir uns zunächst an das in Figur 83 bei 150facher Vergrösserung dargestellte, mit der Camera lucida entworfene Osmiumpräparat.

Nicht weit vor seiner Endigung schwillt der bei 0·04 Mm. breite Tympanalnerv (*gN*) an der dem vorderen Tympanum entsprechenden Seite ein wenig an, und lässt aus dieser Wucherung zwei ziemlich dicke Seitenäste (n_1 und n_2) hervorgehen. Leider ist es mir nicht gelungen, diese Abzweigungen des Sinnesnerven bis zu ihrem Ende zu verfolgen; ihrer ganzen Lage nach ist aber zu vermuthen, dass sie nicht in den Muskelcanal eintreten, sondern eher in der Hypodermis des Blutcanales ihre Endigung finden dürften.

Von dem Ursprung der genannten Zweige weg zeigt sich der tympanale Nervenstamm eine kurze Strecke weit etwas zusammengeschnürt, um sich dann unter einem sehr spitzen Winkel in zwei Äste zu spalten.

Der vordere derselben (*vN*) ist etwas breiter als der hintere, und beide zusammen repräsentiren ein Kaliber, das jenes des Nerven vor seiner Spaltung mindestens um ein Drittel übertrifft.

Nach kurzem Verlaufe neigen sich die beiden Nervenäste wieder zusammen und verschmelzen, wobei sie gleichzeitig knopfförmig anschwellen, und zwar derart, dass beiderlei Anschwellungen, obwohl sie fest mitsammen verwachsen sind, dennoch gesondert hervortreten. Diese Anschwellungen sind die Anfänge eines ganz eigenthümlichen Ganglions, weshalb wir dieselben als vorderen und hinteren Ganglionknopf (*vg* und *hg*) unterscheiden und die denselben entsprechenden Nerven in gleicher Weise als vordere und hintere Ganglien-Nerven bezeichnen. Die Länge derselben beträgt 0·019 Mm., während die Breite der zwei Ganglienknöpfe zusammen 0·01 Mm. misst. Letztere sind von einem dichten Tracheennetz umsponnen, und es bedurfte äusserst feiner Nadeln und ängstlicher Behutsamkeit, um dieses Netz so weit zu lockern, dass man den Bau der Ganglien deutlich wahrnehmen konnte.

Der Ursprung und die Vertheilung der hier in Betracht kommenden Luftröhren kann an der in Rede stehenden, sowie auch aus der Figur 69 weiter verfolgt werden.

Jedes der beiden knopfförmigen Ganglien zieht sich seitwärts bandförmig in die Länge, indem die Ganglienzellen, welche im knopfförmigen Abschnitte dicht und regellos gelagert sind, am bandförmigen Theile etwas weiter auseinanderrücken und nahezu wenigstens in eine Reihe (*gz*) sich stellen.

Wie unsere Abbildung ferner erkennen lässt, geht aus jeder Ganglienzelle ein langer spindelförmiger Endschlauch (*ESch*) hervor, aus dessen Mitte der stark glänzende konische Kopf eines stiftartigen Körperchens hervorleuchtet, und der sich über dieses hinaus in eine lange Faser (*fa*) fortsetzt.

Dieses ganze System von Ganglienzellen und eigentlichen Nervenendigungen wollen wir seiner Gestalt wegen auch als gabelförmiges Ganglion, resp. Endorgan aufführen.

Da dasselbe, wie aus den Figuren 59 und 60 hervorgeht, in der supratympanalen Querebene der Tibia liegt, während der Nerv parallel mit der Verticalaxe derselben verlauft, so folgt daraus, was man bei freier Präparation niemals erkennen kann, dass sich unser Endorgan gegen den zugehörigen Nerv unter einem nahezu rechten Winkel umbiegt.

Nach dieser Darlegung des Verlaufes und der allgemeinen Gestaltung des supratympanalen Nervenendes haben wir nun näher auf seinen feineren Bau einzugehen.

Nerv. Was zunächst den Nerv anlangt, so unterscheidet sich derselbe, so viel eben das Auge wahrnehmen kann, in gar nichts vor den anderen, namentlich den locomotorischen Nervenfasern. Er stellt einen von einer Scheide umschlossenen Axencylinder dar. Letzterer besteht, wie man an Osmiumsäure-Präparaten bei sehr

starker Vergrösserung recht deutlich erkennen kann, aus einem Strang oder Bündel von fast unmessbar feinen Primitivfibrillen. Von der Fläche aus gesehen erscheinen diese als gleichbreite, feinkörnige und von einer ziemlich scharfen Contour beiderseits begrenzte Streifen, die das durchgehende Licht, wie man sich am besten durch Beleuchtung mit directem Sonnenlichte überzeugt, viel stärker brechen als die dazwischen gelegenen interfibrillären Stellen.

Wird der Nerv irgendwo abgerissen, so treten nicht selten die Primitivfibrillen in Gestalt eines fächerartig sich entfaltenden Bündels aus der offenen Scheide hervor und lassen sich mit starken Systemen leicht genauer studiren.

Die Nervenscheide bildet einen ganz homogenen sehr dünnen Schlauch, der stellenweise Einschnürungen oder Querrunzeln beobachten lässt.

Inwendig liegen der Nervenscheide zum Theil ziemlich dicht beisammen liegende Kerne und etwas ungeformtes aber niemals pigmentführendes Protoplasma an.

Ich sehe mit Leydig diese weiche Lage des Insectenneurilemmas als Matrix der homogenen und vermuthlich chitinösen Scheide an.

Die Kerne der Neurilemmatrix sind meist von gleicher länglich-elliptischer, selten spindelförmiger Gestalt, besitzen, wie man sehr schön nach Essigsäureeinwirkung erkennt, eine deutliche doppelrandige Hülle und einen grobkörnigen Inhalt, in dem man aber niemals wie an den Kernen der Integumentmatrix und der Fettzellen besondere Nucleoli wahrnehmen kann. Ihr Längsdurchmesser beträgt gegen 0·09 Mm.

Wie wir später noch näher beschreiben werden, geht die Nervenscheide continuirlich in das Ganglion sowie in die das gesammte System der Nervengebilde umhüllende Haut und weiter noch in die Basalmembran der Integument-Hypodermis über.

Ganglienzellen. Was zunächst die Anzahl der das Ganglion zusammensetzenden Zellen anlangt, so gelang es uns leider noch nicht, zu einem sicheren Resultat zu kommen.

Höchst wahrscheinlich stimmt dieselbe mit jener der leichter zu zählenden Endschläuche überein, von denen bei der Präparation freilich auch leicht Manches verloren gehen kann.

So viel mir das in Figur 83 dargestellte Präparat zu sagen erlaubt, ist das hintere Horn des Ganglions an Endschläuchen und daher auch an Ganglienzellen ärmer als das vordere, indem hier, so scheint es wenigstens, die Ganglienzellen und die Endschläuche nicht so hart aneinander liegen, wie am vorderen Ganglionabschnitt.

Die grösste an diesem Theil beobachtete Zahl von Nervenendigungen beträgt 35, während ich am hinteren Theil, den ich freilich nur einige Male zu Gesichte bekam, blos 20 zählte.

Die Ganglienzellen sind bipolare Gebilde mit einem centralen und einem peripherischen Ausläufer. Ersterer ist äusserst schwierig und nur an gut macerirten Präparaten auf kurze Strecken sichtbar zu machen. Seine Dicke beträgt bei 0·002 Mm., und daraus darf man schliessen, dass er keineswegs als eine Primitivfibrille aufzufassen ist, deren Kaliber ungleich geringer ist.

Bei sehr starker Vergrösserung erscheint er etwas streifigkörnig, und erkennt man auch (Fig. 84* *c*) demselben äusserlich anhaftende längliche Kerne, wie sie auch an der Ganglionzelle selbst (Fig. 84 *k*) beobachtet werden, und hinsichtlich welcher es mir wahrscheinlich dünkt, dass sie der Matrix der Nervenscheide entsprechen, wenn wir gleich am supratympanalen Ganglion der Locustinen ein Verhalten werden kennen lernen, das eher dafür spräche, dass man es hier mit den Kernen eines netzartig die Ganglienzellen umstrickenden Bindegewebes zu thun hat.

Die völlig isolirte Ganglienzelle zeigt die Form einer stark bauchig aufgetriebenen Spindel, während sie im Zusammenhange mit den benachbarten Zellen, welche die faserartigen Fortsätze und namentlich deren Ursprung verdecken, kugelförmig (wie in Fig. 84 und 93 *gz*) sich darstellt.

Bei entsprechender Vergrösserung zeigt sie sich umschlossen von einer ziemlich derben, deutlich doppelrandigen Membran. Ihr Inhalt ist gleichmässig feinkörnig und birgt einen gleichfalls von einer dicken Hülle umschlossenen grobkörnigen, kugeligen Nucleus mit einem nach Essigsäure-Einfluss und vorhergehender

Karmintinction äusserst scharf hervortretenden, stark glänzenden, und homogen erscheinenden Kernkörperchen (*KK*).

Der Durchmesser der Ganglienzellen misst bei der Feldgrille und bei *Platydactylus* 0·02 Mm., während der Kern gegen 0·012 Mm. beträgt.

Betreffs der Lagerung der Ganglienzellen haben wir noch nachzutragen, dass, wie sehr schön aus Fig. 60 zu ersehen ist, dieselben in der Nähe des Nervenendes (bei *K*) zu je 4 oder 5 neben einander stehen, gegen die Spitze (*r*) des Ganglionhornes zu aber allmälig in eine einzige Reihe sich vertheilen, wodurch der ganze dem Integument anliegende vordere Ganglionabschnitt ungefähr den Umriss einer Retorte bekommt.

Endschläuche. Der an seinem Ursprung ganz schmale peripherische Fortsatz (Fig 84 *r N*) der Ganglienzelle schwillt nach kurzem Verlaufe sehr beträchtlich an, und bildet so einen den Durchmesser der Zelle mindestens um das Dreifache an Länge übertreffenden im Ganzen spindelförmigen Schlauch (*ESch*) von circa 0·01 Mm. Querdurchmesser.

An ganz frisch präparirten Ganglien sind diese Endschläuche wegen des sehr geringen Lichtbrechungsvermögens ihres Inhaltes leicht zu übersehen, weshalb gerade zu diesem Zwecke Tinctionen mit Osmium, Goldchlorid u. s. w. angezeigt sind.

Jeder Schlauch ist von einer besonderen, wenn auch sehr zarten Hülle umschlossen, die im optischen Längsschnitte eine doppelte Contour erzeugt und als Fortsetzung der Ganglienzellenmembran zu betrachten ist.

Im feinkörnigen, blassen Inhalt dieser terminalen Nervenröhren fällt einem zunächst, und zwar am unteren Ende derselben, ein grosser, doppelrandiger und kreisförmiger Kern (*WK*) auf, der ausser verschieden grossen Körnchen auch ein, namentlich nach Karmintinction sehr distinctes Kernkörperchen unterscheiden lässt. Wir bezeichnen in der Folge dieses Gebilde als Basal- oder Wurzelkern.

Ausser diesem Nucleus glaub' ich, bei einigen Endschläuchen wenigstens, noch einen zweiten Kern, und zwar in der Nähe des peripherischen Endes gesehen zu haben, den ich als Gipfelkern (*gk*) bezeichnen will. Die Contour desselben erscheint schwächer, Nucleoli sind darin niemals wahrzunehmen.

Jeder der Endschläuche birgt in seinem Inneren ein ganz eigenthümliches, unser besonderes Interesse beanspruchendes Gebilde, dem wir seiner Totalgestalt wegen den Namen stiftförmiges Körperchen oder Nervenende geben wollen (Fig. 84 *sti*).

Wegen ihres starken Glanzes sind diese Gebilde schon bei relativ geringer Vergrösserung, und selbst dann erkennbar, wenn von den sie einschliessenden Schläuchen nichts als eine granuläre mit Kernen durchsetzte Masse wahrgenommen wird.

Unter Anwendung der stärksten Systeme und sehr intensiver Beleuchtung lässt sich dann über den Bau derselben Folgendes unterscheiden.

Sie bestehen (vergl. zunächst die Darstellung derselben von der Feldgrille in Fig. 91 und von *Platydactylus*, Fig. 93 *sti*) aus zwei sehr scharf von einander sich unterscheidenden Abschnitten. Der eine gegen die Ganglienzelle gerichtete, oder, wie wir ihn nennen, der centrale Theil stellt einen sehr in die Länge gezogenen, der peripherische Abschnitt dagegen (*ko*) einen mindestens fünfmal kürzeren kegelförmigen Körper vor. Wir könnten auch sagen: der fragliche Stift ist ein langgestreckt kegelförmiges Gebilde, dessen peripherisch gelegene Basis konisch zugespitzt ist.

Wir wollen die letztere als Kopf, den entgegengesetzten zugeschärften Theil als Körper, und das centrale Ende derselben als Spitze des Stiftes unterscheiden.

Betrachtet man den Körper des Stiftes im optischen Längsschnitt, so erscheinen seine Ränder als zwei stark lichtbrechende, bläulich glänzende homogene Streifen, welche einen Mittelraum begrenzen, der dem Lichte ungehinderten Durchgang gestattet, d. h. die Farbe des übrigen Gesichtsfeldes erkennen lässt.

Daraus darf man schliessen, dass der Körper des Stiftes hohl, respective von einer Substanz erfüllt ist, die sich hinsichtlich ihrer lichtbrechenden Eigenschaft nicht oder nur unmerklich von jener einer wässerigen Zusatzflüssigkeit unterscheidet.

Dagegen erscheint der Kopf des Stiftes in der Regel als ein ganz solides Gebilde, gewissermassen als eine Endanschwellung oder Verdickung der festen Hülle des Körpers, als deren continuirliche Fortsetzung er in der That zu betrachten ist, und welche er hinsichtlich des Glanzes und der Resistenz gegen verschiedene Zusatzflüssigkeiten, sowie gegen mechanische Eingriffe, z. B. Druck, bedeutend übertrifft.

Mittelst guter Immersionssysteme (z. B. Hartnack Nr. X) konnte ich mich indessen überzeugen, dass auch der Kopf des Stiftes einen, wenn auch weit dünneren Hohlraum als der Körper in sich einschliesst. Derselbe erscheint im optischen Längsschnitte als ein schmaler, minder als die Umgebung glänzender Mittelstreifen, der sich (vergl. Fig, 91 *m*) bis an das spitze Ende des Kopfes verfolgen lässt, und welcher, was ich leider niemals mit aller Bestimmtheit sehen konnte, in entgegengesetzter Richtung bis in den weiteren Hohlraum des Stiftkörpers sich verlängern dürfte.

Nicht ganz ins Reine konnte ich betreffs der Form des Kopfes kommen.

An den meisten Stiften von *G. campestris* und *Platydactylus* erscheint nämlich die dem Hohlraume des Körpers zugewendete Basis desselben entweder ganz eben oder sehr schwach ausgehöhlt, während mir an den Stiften einer jungen Grille (Fig. 91) dieselbe convex erschien und ich mir nach den wenigen Beobachtungen in dieser Richtung nicht zu sagen getraue, ob diese abweichende Gestaltung den unentwickelten Stiften dieses Insectes allgemein zukomme.

Die stiftförmigen Gebilde der Endschläuche liegen nicht isolirt in denselben, sondern stehen vermittelst eines überaus feinen, fadenartigen centralen Fortsatzes (Fig. 84 und 93 *fd*) in unmittelbarem Zusammenhange mit den Ganglienzellen.

Frisch in Osmiumsäure untersucht, unter deren Einfluss namentlich der Kopf des Stiftes rasch gelb und später braun wird, erscheint dieser fadenartige Ausläufer homogen und im Wesentlichen von ähnlicher Beschaffenheit wie die Hülle des Stiftes, so dass es zunächst den Anschein gewinnt, dass derselbe in der That nur eine haarfein sich verdünnende Fortsetzung desselben wäre.

Bei hinreichender Vergrösserung und entsprechender am besten schiefer Beleuchtung erkennt man aber bald, dass dieser Faden, oder diese Chorda, um mit Hensen zu reden, in den Stift selbst eindringe, wo er bis zum Kopfe verfolgt werden kann, und vermuthlich noch in denselben hinein sich erstreckt. Wir wollen das innerhalb des Stiftes gelegene Stück dieses Fadens als Axenfaser bezeichnen.

Am sichersten lässt sich dieselbe im weiteren Theile des Stifthohlraumes nachweisen. Bei jener Einstellung und Beleuchtung, wo die Hülle des Stiftkörpers in Gestalt zweier gegen die Spitze convergirender, homogener und stark glänzender Streifen erscheint, bietet die Axenfaser ein mit diesen völlig übereinstimmendes Bild dar, besteht also aus einer ähnlich consistenten und lichtbrechenden Masse, wie die Membran des Hohlstiftes selbst.

Zweifelhaft kann man aber selbst bei Anwendung der besten Objective darüber bleiben, ob vielleicht, wie das an den ähnlichen sogenannten birnförmigen Nervenendgebilden der Locustinen entschieden der Fall ist, zwischen der Stiftmembran und dem axialen Faden noch eine innere den letzteren umschliessende Hülle vorhanden sei oder nicht. Da nämlich die Axenfaser sogut wie die im optischen Längsschnitt erscheinenden Grenzstreifen der Stiftmembran, die erstere nach aussen, die letzteren nach innen von einem dunklen, wohl als Schatten zu deutenden Saume begrenzt sind, so entstehen zwischen ihnen allerdings zwei helle Linien, die Mancher vielleicht auf eine hier befindliche Membran beziehen möchte, während ich unter Benützung sehr intensiven Gaslichtes zwischen Axenfaser und äusserer Hülle kein der letzteren ähnliches Gebilde wahrzunehmen vermag, indem dieser ganze besagte Zwischenraum goldgelb und nicht bläulich wie Axenfaser und Hülle erscheinen.

Da die Endschläuche bei der Präparation gewöhnlich an dem halsartig verdünnten centralen Abschnitte abreissen, so ist es selbstverständlich ausserordentlich schwierig, die Chorda bis zur Ganglienzelle hin zu verfolgen, und den Bau derselben an ihrem Ursprung zu studiren.

Ich kann hierüber nur so viel sagen, dass sie eine kurze Strecke centralwärts vom Basalkern des Endschlauches allmählig an Dicke zunimmt, und in der Nähe der Ganglienzelle (Fig. 84 *W*) sich noch stärker verbreitert.

Kehren wir wieder zum stiftförmigen Körper zurück, den wir bisher in möglichst gut conservirtem Zustande geschildert haben, so wäre zunächst der Veränderungen zu gedenken, denen derselbe unter minder günstigen Einflüssen unterworfen ist.

Eine der gewöhnlichsten, mit der Zeit auch an Osmiumsäurepräparate nicht ausbleibende Erscheinung ist die, dass die im frischen Zustande homogen erscheinende Hülle ein körniges Aussehen bekommt, offenbar in Folge eines Gerinnungsprocesses, der namentlich durch Wasser, Glycerin, Alkohol u. dgl. Zusatzflüssigkeiten hervorgerufen wird.

Ein derartig, und zwar durch Alkohol veränderter Stift der Werre ist in Fig. 92 dargestellt. Der Hohlraum des Körpers erscheint hier stellenweise beträchtlich verengt und erinnert an die Darstellung Leydig's über den Bau der ganz gleich gestalteten Körperchen im Tympanalganglion der Acridier.

Nicht selten kommt es auch vor, dass der ganze Körper des Stiftes, wie das Max Schultze auch von den Stäbchen und Zapfen der Retina angibt, in einen grösseren körnigen Klumpen oder Tropfen zusammensinkt, während der konische Kopf oder das Aussenglied des Stiftes viel länger der Auflösung wiedersteht und selbst nach Behandlung mit Kalilauge noch erhalten bleibt.

Hinsichtlich der Grössenverhältnisse der stiftförmigen Gebilde, die wir leider nur bei sehr wenigen Gryllodeenformen näher kennen zu lernen Gelegenheit hatten, verweisen wir auf die am Schlusse dieser Arbeit beigefügte Tabelle IV und geben hier der Vollständigkeit der Beschreibung wegen nur ein paar Daten.

Die Länge des gesammten Stiftes misst bei einer erwachsenen Feldgrille 0·018, im letzten Stadium dagegen nur 0·0065; bei *Platydactylus* 0·017, bei *Gryllotalpa* 0·05 (!) Mm.

Die Länge des Kopftheiles beträgt bei der Feldgrille 0·008, bei der Werre 0·013; die Breite desselben dagegen bei der Feldgrille 0·003, bei der Werre 0·007 (!) und bei *Platydactylus* 0·0035 Mm.

Aus diesen wenigen Angaben ergibt sich Folgendes:

Die Stifte von *Platydactylus* sind, wie schon aus der Abbildung Fig. 93 zu entnehmen ist, relativ viel breiter, respective kürzer als bei der Feldgrille. Ferner nehmen die Stifte mit den aufeinanderfolgenden Häutungen an Grösse zu, und sind bei relativ grösseren Arten, wie uns die Werre am deutlichsten zeigt, entsprechend grösser, ein Resultat, wie wir es betreffs der gleichartigen Gebilde auch bei den Locustinen und Acridiern wieder antreffen werden.

Hingegen zeigt sich, wie ich noch ausdrücklich erwähnen will, und worauf wir noch später zurückkommen werden, kein messbarer Unterschied zwischen den Stiften eines und desselben Endorgans.

Integumentale Verbindungsfasern der Nervenendschläuche. Werfen wir zur weiteren Orientirung zunächst wieder einen Blick auf das in Fig. 83 dargestellte zweihörnige Endorgan.

Wir unterscheiden an jedem Horn drei distincte Zonen, nämlich die der Ganglienzellen, dann die Zone der spindelförmigen Endschläuche respective Stifte, und schliesslich noch die Zone der integumentalen Verbindungsfasern (*fa*).

Mit letzterem Namen belegen wir nämlich die stark verschmälerten faden- oder fibrillenartigen, peripherischen Fortsätze der Endschläuche im engeren Sinne, mittelst welcher dieselben unmittelbar mit der *Hypodermis* der äusseren Haut verbunden werden.

Diese letzteren Bildungen scheinen uns umsomehr Interesse zu verdienen, da es, nach den bisherigen Erfahrungen wenigstens, ganz isolirt dastehende Einrichtungen sind, die möglicherweise auch in functioneller Beziehung von Bedeutung sein mögen.

So einfach das Verhalten dieser integumentalen Verbindungsfasern sich darstellt, so haben wir doch an der Erforschung desselben mehrere Monate lang vergeblich gearbeitet, und waren anfänglich sogar in dem Irrthume befangen, dass wir es hier mit dem centralen und nicht mit dem peripherischen Abschnitt des Endorgans zu thun haben.

Um den verehrten Fachgenossen einen Begriff davon zu geben, wie eine derartige Auffassung erklärbar ist, verweisen wir auf die Darstellung des bezüglichen Endorganes in Fig. 59, wo wir von der

äusseren Tympanalwand einen Faserstrang (*fa*) ausgehen sehen, der gegen die Trachea zu sich flügelartig entfaltet, und wo die Enden der einzelnen Fibrillen mit den eigenartigen Stiften in Verbindung zu treten scheinen.

Erwägt man nun, dass die Ganglienzellen, die zudem leicht mit den Fettgewebszellen dieser Gegend verwechselt werden können, nur selten der Beobachtung in erwünschter Weise sich darstellen, und weiters, dass über die Endschläuche bisher gar nichts bekannt war, so wird man es sicher begreiflich finden, dass ich den erwähnten Faserstrang lange Zeit für den anderswo vergeblich gesuchten Nerv hielt, und mir dadurch die richtige Erkenntniss der übrigen Theile des Endorgans ausserordentlich erschwerte.

Bei freier Präparation des Endorgans ist es in der That unmöglich, sich eine richtige Vorstellung über das System der integumentalen Fixirungsfasern zu verschaffen, während gelungene Querschnitte, die allerdings mehr Sache des Zufalls sind, eine weitere Präparation völlig entbehrlich machen.

Halten wir uns bei der näheren Beschreibung dieser Gebilde vor der Hand an die in Fig. 60 gegebene, hinsichtlich der Vertheilung der Endschläuche ein wenig schematisirte Darstellung des vorderen Endorganabschnittes, das sich bekanntlich an die vordere Partie der Aussenwand anlehnt.

Zunächst derselben bemerken wir die retortenartig gestaltete Zone der Ganglienzellen, weiter nach innen folgt dann das damit parallele System der unter sich gleich grossen und enge aneinander schliessenden Endschläuche, an die sich dann, noch weiter gegen das Lumen des äusseren Beincanales zu, die Zone der fraglichen Fasern anschliesst.

Wie aus Fig. 84 und 93 erhellt, verengen sich die Endschläuche in der Nähe des peripherischen Endes der Stifte sehr merklich und schrumpfen eine Strecke weit darüber hinaus zu einer dünnen, im weiteren Verlaufe sich an Breite gleichbleibenden Faser zusammen, deren Dicke ungefähr jener des stiftförmigen Körperchens gleichkommt.

Dabei zeigt der peripherische Fortsatz im Übrigen ganz dieselbe Beschaffenheit, wie der spindelartig aufgetriebene Endschlauch. Er erscheint also als eine dünnhäutige enge Röhre, erfüllt von einem feinkörnigen im frischem Zustande ganz blassen Inhalt

Betrachten wir nun zunächst die gegenseitige Lage der von den einzelnen Endschläuchen entspringenden Faserfortsätze.

Dieselben laufen nicht zu einander parallel, sondern nehmen alle ihre Richtung nach einer ungefähr in der Mitte der Aussenwand gelegenen Stelle (Fig. 59 und 60 *b*), oder mit anderen Worten: die an ihrem Ursprunge weit auseinander liegenden Verbindungsfasern vereinigen sich in ihren weiteren Verlaufe zu einem strangartigen Gebilde, welches unmittelbar in die Hypodermis des Integumentes übergeht, oder besser ausgedrückt, als eine Verlängerung derselben aufzufassen ist.

Dass dem in der That so sei, dass lehrt uns zunächst der Umstand, dass die strangartige Vereinigung der Verbindungsfasern in gleicher Weise wie die Hypodermis selbst von röthlichbraunen Pigmentkörnchen durchsetzt ist, was Leydig wohl zu der bereits citirten Äusserung veranlasst haben mag, dass das Ganglion der Feldgrille braun gefärbt ist.

Noch deutlicher überzeugt man sich aber hievon, wenn man durch Kalilauge das Pigment entfernt; man sieht dann (vergl. auch Fig. 64), dass die Fasern der Endschläuche continuirlich in die faserartigen Fortsätze der integumentalen Hypodermiszellen übergehen, sowie denn auch anderweitige Hypodermisverlängerungen, wie wir sie bereits früher z. B. als sogenannte Tracheensuspensorien gesehen haben, und wie auch eine in Fig. 59 bei *c* dargestellt ist, in ihrem ganzen Verhalten durchaus mit dem Faserstrang der Endschläuche übereinstimmen.

Die Lagerung der Ganglienzellen und die eigenthümliche Fixirungsart der Endschlauchfasern bringt es mit sich, dass die Länge der letzteren in demselben Grade stufenweise abnimmt, als ihre Ursprungsstelle, beziehungsweise die zugehörige Ganglienzelle, dem gemeinsamen Fixirungspunkte näher liegt.

Dabei fragt es sich dann freilich, ob die beschriebene Lagerungsweise der Nervenendigungen vielleicht in der Weise sich so gestaltet hat, weil die gradweise Längenabnahme der Endfasern sich in acu-

stischer Beziehung als sehr passend erwies, oder ob die Erregungsfähigkeit der Nervenenden für Schallwellen von der verschiedenen Länge dieser klaviersaitenartig ausgespannten Fasern sich unabhängig erweist und denselben lediglich eine passive Rolle zufalle.

Eine ganz naturgetreue, mit der Camera lucida entworfene Darstellung dieses Fasersystemes bietet die Fig. 64.

Das betreffende Präparat ist aus einem supratympanalen Querschnitt in der Weise entstanden, dass die dünnen, centralen Hälse der Endschläuche (*ESch*) bei der Isolirung des ganzen Gebildes von den enge der Hypodermis anliegenden Ganglienzellen losgerissen wurden, während auf der entgegengesetzten Seite die Hypodermis (*Ma*) von der Cuticala (*Cu*) losgetrennt ist.

An diesem, sowie an dem in Fig. 60 abgebildeten Präparate, wurde die Ausdehnung der längsten Verbindungsfaser (*fi*) auf 0·25 Mm. bestimmt, während ich die Länge der kürzesten Faser leider deshalb nicht anzugeben in der Lage bin, weil mir regelmässig die betreffenden Endschläuche bei der Präparation nicht in der gehörigen Lage zu Gesicht kamen; in keinem Falle beträgt dieselbe übrigens mehr als den fünften Theil der längsten Fibrille.

Unsere bisherigen Angaben hinsichtlich der Lagerung und Anheftung der Endschlauchfasern bezogen sich auf den vorderen Abschnitt des Endorgans; wie es eigentlich mit dem hinteren Horn desselben bestellt sei, ist mir noch immer nicht ganz klar geworden, insoferne die hierüber gewonnenen Präparate sich theilweise zu widersprechen scheinen.

Aus der in Fig. 59 gegebenen Ansicht des Endorgans ist zunächst zu ersehen, dass der hintere Abschnitt (*hG*) der Aussenwand der Vordertrachea (*vTr*) anliegt und mit dem vorderen Horn einen Winkel bildet, an dessen Scheitel die gemeinsame Wurzel des Tympanalnerven (*TN*) liegt.

Hier hat es nun ganz den Anschein, als ob die Verbindungsfasern des hinteren Endorganabschnittes mit denen des vorderen zu einem gemeinsamen Strang sich vereinigten, ein Verhalten, das sich aber mit dem in Fig. 83 Dargestellten nicht zusammenreimt. Hier glauben wir nämlich ganz deutlich zu sehen, dass die Fasersysteme der beiderseitigen Hörner des Endorganes gabelig auseinandertreten, und sonach jedes von ihnen einen besonderen Anheftungspunkt haben müsse.

Wir müssen die endgiltige Erledigung dieses, wie uns dünkt, nicht unwichtigen Punktes, künftigen Forschern überlassen, die ihre Studien am besten allsogleich an Querschnitten beginnen möchten.

Hüllmembran des Endorgans. An dem frei präparirten Endorgane, noch besser aber an geeigneten Schnittpräparaten, beobachtet man, dass selbes in einer besonderen Hülle oder Scheide stecke.

Am deutlichsten ist dieser Überzug in der Gegend des Fasersystemes zu erkennen. Bei der höchsten und tiefsten Einstellung des Mikroskopes auf den genannten Abschnitt zeigt sich eine Membran, welche in der Längsrichtung der Fasern von eng aneinanderliegenden parallelen Streifen durchzogen wird.

Diese überaus zarte Streifung tritt noch bestimmter hervor, wenn es einem gelingt, einzelne Stücke der fraglichen Membran isolirt darzustellen.

Es ist nicht schwer, sich zu überzeugen, dass die fragliche Haut nur eine Fortsetzung der Nervenscheide ist, und noch leichter gelingt der Nachweis, dass sie continuirlich in die Basalmembran (Fig. 64 *BaM*) der Integumenthypodermis übergehe, so dass die tympanalen Nervenendigungen auch in dieser Beziehung unmittelbar mit dem Integument sich verknüpft zeigen.

Im Zusammenhange mit dieser Hüllmembran dürften nun jene kernartigen Gebilde stehen, die man namentlich innerhalb der Faserzone in sehr grosser Anzahl beobachtet. Es sind das (vergl. Fig. 64 *K*) bei 0·008 Mm. grosse, ganz kreisrunde Bläschen mit deutlicher Membran und einem fast homogen erscheinenden Inhalt nebst einem bei 0·002 Mm. grossen kreisrunden Nucleolus, der abermals ein kleines Körperchen in sich zu bergen scheint.

Der Umstand, dass ich diese Kerne bisher nur mit Bestimmtheit im Faserabschnitte bemerken konnte, veranlasste mich anfänglich zu der Meinung, dass sie vielleicht als Bindegewebskörperchen aufzufassen sind, wobei ich dann die oft genannten Fasern für Bindegewebsfibrillen hielt.

Da ich aber später die Beobachtung machte, dass sie gleich den Kernen der Nervenscheide hauptsächlich nur bei jener Einstellung sichtbar werden, bei welcher auch die Hüllmembran deutlich hervortritt, so schien es mir am plausibelsten, diese Kerne gleich denen des Neurilemmas als Formbestandtheile einer Art Matrixlage zu nehmen, als deren Absonderungsproduct die cuticuläre Hüllmembran dann gedeutet werden muss.

Die bisherige Beschreibung des gabelförmigen Endorgans der Gryllodeen bezog sich fast ausschliesslich auf die bei der Feldgrille erkannten Verhältnisse.

Aus dem Umstande indess, dass die von der Gattung *Gryllus* im ganzen Baue so sehr abweichende *Platydactylus* von Amboina (vergl. Fig. 53 *gG*, *sti* und *fa*), die einzige Form, welche sich von den mir zugänglichen exotischen Gyllodeen entsprechend conservirt zeigte, hinsichtlich des bezeichneten Organs im Wesentlichen genau so wie die Feldgrille sich verhält, dürfen wir wohl schliessen, dass unsere Darlegung im Ganzen und Grossen für alle Gryllodeen giltig sei.

Leider ist es uns bisher nicht gelungen, das relativ sehr grosse tympanale Endorgan von *Gryllotalpa* in toto zu präpariren, und über gewisse bei der Feldgrille fraglich gebliebene Punkte Aufschluss zu erhalten. Aus dem in Fig. 61 abgebildeten Querschnitt geht zunächst nur hervor, dass dasselbe hier in die Gegend der oberen Trommelfellgegend falle, und dass sich die Endschläuche (*ESch.*), zum Theile wenigstens, an den vorderen Tracheenarm anschliessen.

Betreffs der Ontogenese des Endorgans, deren Erforschung wir uns anfänglich als Hauptaufgabe hinstellten, können wir leider soviel wie gar nichts mittheilen, und dürfen bei der unüberwindlichen Schwierigkeit derartiger Untersuchungen auch nicht hoffen, jemals hierüber die nöthigen Aufschlüsse zu erhalten.

Constatirt wurde nur, dass das fragliche Organ bei der Feldgrille bereits im drittvorletzten Stadium sogut wie fertig ist, woraus wir, zugleich das postembryonale Verhalten der Locustinen mit in Betracht ziehend, den Schluss machen dürfen, dass die uns am wesentlichsten scheinenden Gebilde des Endorganes, nämlich die stiftförmigen Körperchen bereits an den das Ei verlassenden Thieren ausgeprägt sein dürften, ihre Entwicklung also in der strenge so zu nennenden Embryonalperiode stattfindet.

Das gabelförmige (supratympanale) Endorgan der Locustinen.

Wie wir wissen, hat v. Siebold am tympanalen Nervenende zwei Gebilde unterschieden, nämlich ein oberes „flaches" Ganglion mit stäbchenartigen und ein unteres bandförmiges Organ mit birnförmigen Körperchen.

Seine Darstellung hinsichtlich des ersteren Theiles ist aber so unvollständig, dass man fast zweifeln könnte, ob dasselbe mit unserem supratympanalen Endorgan (Fig. 73 *gO*) identisch sei, oder ob es nicht vielmehr der in der citirten Figur mit *Gr* bezeichneten Gruppe von Endblasen entspreche, auf welche allerdings seine stäbchenartigen Gebilde weniger als auf das erstgenannte Organ passen würden.

Wir glauben aber ziemlich das Richtige zu treffen, wenn wir behaupten, dass Siebold die genannten zwei Nervensysteme zusammen als einen einzigen Abschnitt unter der Bezeichnung „flaches Ganglion" vereint hat, indem es sich ja bei unvollständiger Präparation öfters ereignet, dass die stäbchenartigen Gebilde des supratympanalen Organs in der erwähnten Endblasengruppe zu liegen scheinen.

Eine gehörige Isolirung der in Rede stehenden Nervenendigungen ist in der That nichts weniger als eine leichte Arbeit, und wir sind, obwohl wir diesem Gegenstande unsere besondere Aufmerksamkeit geschenkt haben, dennoch über manche und gewiss sehr wichtige Punkte noch im Unklaren, so dass auch hier der künftigen Forschung noch viel zu thun übrig bleibt. Um namentlich über die Lagerungsverhältnisse des gabelförmigen Endorgans die nöthige Klarheit zu gewinnen, erscheint es uns angezeigt, zunächst eine Übersicht über die gesammten tympanalen Nervenendigungen zu geben.

Zum Unterschiede im Vergleich zur Feldgrille, wo (vergl. Fig. 69) der Tympanalnerv längs der Kniestücktrachea herabläuft, sehen wir an dem in Fig. 70 abgebildeten Präparate einer in 3% Kochsalzlösung macerirten *Ephippigera-Tibia* den betreffenden Nerv (*TN*), den wir als Tympanalnerv schlechthin bezeichnen wollen, in schiefer Richtung quer über den genannten Tracheenabschnitt zu den Endorganen hinüberziehen.

Ungefähr auf der Mitte der trachealen Seitenwand (bei *gN*) spaltet er sich unter einem spitzen Winkel in zwei Äste, wovon der obere (*gN*) bei 0·03, der untere ein wenig dickere Ast 0·04 Mm. misst.

Der weitere Verlauf des oberen Nervenastes ist wegen des hier in grosser Menge abgelagerten Pigmentes schwer zu verfolgen; nach Entfernung desselben durch Kalilauge überzeugt man sich aber, dass er sich in ein fächerartiges Bündel feiner Fasern auflöse, welche zu einer Gruppe ganz blasser und scheinbar kugelförmiger Ganglienzellen (*gG*) hintreten und darin sich verlieren.

Da aus dieser oberhalb der Tympana situirten Ganglienzellenanhäufung ganz dieselben Endschläuche wie bei den Gryllodeen entspringen, so haben wir es hier offenbar mit einem dem supratympanalen Endorgan der genannten Insecten homologen Organe zu thun, und wollen daher den zugehörigen Nerv kurz den Supratympanalnerv nennen.

Der untere Nervenast läuft in einem sehr sanften Bogen noch weiter nach abwärts und geht dann, an der Aussenwand der Tympanaltrachea angelangt (α), längs derselben in gerader Richtung und sich allmählig verschmälernd bis an das untere Ende der Tympanalregion (β), wo er sein Ende erreicht. Längs dieser intratympanalen Nervenfaser und an der hier abgebildeten Seitenansicht scheinbar in unmittelbarer Verbindung damit bemerken wir eine enggeschlossene Reihe von gradweise gegen das untere Tympanalende zu sich verkleinernden Blasen.

Diese einzeilige Blasenreihe ist die Crista acustica Hensen's, oder, wie wir sie seinem Entdecker zu Ehren nennen wollen, das bandförmige Siebold'sche Endorgan.

Eine sehr deutliche Übersicht über die einzelnen Abschnitte der tympanalen Nervenendigungen der Laubheuschrecken bietet uns auch das in Fig. 73 mit der Camera lucida entworfene Präparat.

Dieses schöne Präparat, wie wir in der Folge an frischen Thieren kein zweites mehr zu Stande bringen konnten, stammt merkwürdiger Weise von einer über zwei Jahre in Spiritus gelegenen *Ephippigera vitium* her, und zeigt uns die vorhin in der Seitenansicht betrachteten Nervenendigungen von der trachealen Aussenfläche.

Rechts oben sehen wir wieder die zwei von einander getrennten Nervenäste, wovon der links gelegene zu dem nur theilweise sichtbaren supratympanalen Organe (*gO*) hintritt, während der rechts gelegene oder Siebold'sche Nerv (*SN*) am vorderen Seitenrande der Trachea herabläuft.

Hier bemerken wir aber, dass die vorhin erwähnten Endblasen keineswegs alle in einer Reihe angeordnet sind, sondern dass hart unter dem supratympanalen Organe gegen zwanzig solcher Blasen liegen, die eine ganz unregelmässige Gruppe (*Gr*) bilden, und aus welcher erst dann die einzeilige eigentliche Blasenreihe oder Crista entspringt.

Nach all dem hätten wir also im Ganzen drei Abschnitte von Nervenendigungen zu unterscheiden, nämlich erstens den supratympanalen, bestehend aus schlauchförmigen Gebilden, zweitens den supratympanalen, bestehend aus einer Gruppe von blasenförmigen Elementen und schliesslich den intratympanalen, bestehend aus einer Reihe gradweise sich verkleinernder aber gleichfalls blasenförmiger Endgebilde.

Indem wir nunmehr auf die Beschreibung des supratympanalen Ganglions übergehen, müssen wir bemerken, dass uns dasselbe bei freier Präparation in Müller'scher oder Osmiumsäurelösung stets nur bruchstückweise zu Gesicht gekommen ist, wie wir das in den vorhin beschriebenen Abbildungen bereits dargestellt haben.

Dagegen ist es uns gelungen, an Querschnitten, wo nicht die Totalform, so doch die Lagerung und Beschaffenheit der einzelnen Abschnitte desselben in befriedigender Weise zur Anschauung zu bringen.

Wir beginnen mit der Beschreibung des in Fig. 57 abgebildeten Schnittes von einer *Locusta viridissima.* Derselbe trifft den Tracheenstamm an einer Stelle, wo er entweder (Fig. 56) noch ganz ungetheilt, oder wo die beginnende Furchung desselben an der Aussenwand nur wenig angedeutet ist, während die seitlichen Suspensorien des Luftrohres sehr mächtig sich entfaltet zeigen.

In dem Winkel nun zwischen der vorderen Tracheenwand (*vW*) und der seitlichen Ausbuchtung des Suspensoriums (*Su*) bemerkt man den Querschnitt des Supratympanalnervs (*TN*), der also der Lage nach

(vergl. Fig. 59 *TN*) genau dem der Grille entspricht. Rings um diesen Nerven und weiter hinauf, an das Integument sich anschmiegend, sieht man ferner Zellgebilde (*gZ*), die ihrer ganzen Anordnung und Form nach gleichfalls ganz und gar mit jenen des vorderen Hornes des gabelförmigen Endorgans der Gryllodeen übereinstimmen. Sie erstrecken sich ungefähr bis zur Mitte der Aussenwand, ja nach einigen Präparaten zu urtheilen, sogar noch etwas darüber hinaus, also gegen die hintere Beinfläche (*h*) zu.

Im unmittelbaren Anschluss an die Zone der Ganglienzellen sehen wir dann weiter noch ein System von Schläuchen, wieder jenen der Gryllodeen entsprechend und mit denselben darin eingebetteten stiftförmigen Körperchen, und schliesslich, um die Homologie mit dem fraglichen Gyllodeen-Organe vollständig zu machen, auch ein System von Fasern, durch welche die Nervenendröhren an der Beinwand befestigt werden.

Auf die bezeichneten drei Zonen des supratympanalen Endorganes haben wir zunächst noch etwas näher einzugehen.

Als durch den in Fig. 57 abgebildeten Schnitt vollkommen sichergestellt erscheint uns nur der dem Vorderhorn der Gyllodeen homologe Ganglienzellenabschnitt, während uns wie dort die Grösse und Lagerung des Hinterhornes, wenn wir diese Bezeichnung der Kürze wegen hier gebrauchen dürfen, zum Theile noch unbekannt ist.

Einigen Aufschluss hierüber gibt uns nur der mit der Camera lucida entworfene Schnitt Fig. 58 von einer erst im vierten Entwicklungsstadium befindlichen *Odontura Boscii*. Der Tympanalnerv liegt ungefähr an demselben Platze wie bei *Locusta* (die Zeichnung ist nur verkehrt), nämlich dem Vorderrande der stark zusammengedrückten Trachea anliegend.

Hier erstreckt sich aber die Zone der Endschläuche (*sti*) nicht blos längs dem Integument der Aussenwand, sondern setzt sich auch noch längs der Tracheenwand bis ungefähr in die Mitte derselben fort, so dass wir hier, annähernd wenigstens, in der That von einem zweihörnigen oder besser sichelförmigen Organe reden dürfen.

Sehr auffallend erscheint uns aber hier besonders die Richtung des bewussten Faserstranges, der zwar auch in seinen einzelnen Elementen eine stufenweise Längenverschiedenheit erkennen lässt, aber nicht an der entgegengesetzten, sondern an derselben Beinseite sich anheftet, auf welcher die Ganglienzone sich ausdehnt. Dasselbe Präparat lehrt uns auch, dass die Endschläuche nicht gerade gestreckt sind, sondern, und zwar wie es scheint, ausschliesslich auf dem der Trachea anliegenden Ganglionabschnitt beträchtlich gekrümmt erscheinen.

Ich erkläre mir dies daraus, dass vermuthlich die zu den gekrümmten Endschläuchen gehörigen Ganglienzellen nicht auf der Tracheenwand, also in ihrer unmittelbaren Nähe, sondern in der Umgebung des Nervs liegen, wo wir ja auch bei *Locusta* und bei der Feldgrille eine grössere Anzahl Ganglienzellen bemerken, als an den übrigen Theilen des Endorgans.

Was die Gestaltungs- und Lagerungsverhältnisse der Endschlauchzone betrifft, so sind wir hier im gleichen Falle, wie hinsichtlich der Ganglienzellen. Bei *Odontura* liegt die Sache, wie wir eben gesehen, ziemlich klar vor uns. Anders verhält es sich dagegen bei *Locusta*. Von den zahlreichen diesbezüglichen Schnitten haben wir nur zwei gefunden, welche ein einigermassen vollständiges Bild geben.

Das in Fig. 57 dargestellte Diagramm zeigt uns ausser dem ziemlich vollständig vorhandenen Ganglion noch den der Trachea zunächst gelegenen Theil der Endschlauchzone (nämlich von *a* bis *b*), wenn auch nicht ganz so regelmässig gestaltet, wie wir es auf Grund anderweitiger Präparate mehr schematisch darzustellen versuchten.

Über die an dem gedachten Präparate noch fehlende Partie des Endschlauchsystemes finden wir an dem genau nach der Natur copirten Präparate in Fig. 62 die erwünschte Ergänzung.

Dieses Präparat, für sich allein betrachtet, lässt sich schwer mit den bisher besprochenen in Übereinstimmung bringen und ist, wie wir leider erfahren haben, ganz darnach angethan einen in die Irre zu führen. Die in sehr geringer Zahl vorhandenen Ganglienzellen wird man hier erst dann von den Fettgewebszellen unterscheiden, wenn man weiss, dass und wo man solche zu suchen hat. Von der Existenz eines nervösen

Endorgans geben uns zunächst eigentlich nur die starklichtbrechenden Stifte Aufschluss, von denen man längs einer Strecke der integumentalen Aussenwand, wenn auch nicht ohne Mühe, eine Reihe beobachtet, und welche in einem formlosen kernefübrenden körnigen Gewebe eingebettet erscheinen.

Unter solchen Umständen darf es auch nicht Wunder nehmen, dass ich anfänglich, so lange ich noch keine anderen Präparate kannte, den von der Stiftreihe ausgehenden Faserstrang (*fa*) für den zugehörigen Nerv hielt.

Sehr erwünscht kommt uns aber dieses Stück des Endorgans, wenn wir einmal wissen, dass es sich unmittelbar an das in Fig. 56 (von *a* bis *b*) dargestellte anschliessen lässt, wie wir das auch in der That That in der eben erwähnten Figur bildlich auszuführen versucht haben, wobei wir noch einmal ausdrücklich bemerken, dass diese Darstellung der Endschlauch- und Faserzone einen schematischen Charakter hat.

Eine naturgetreue Abbildung des fraglichen Organes finden wir dagegen auch noch in Fig. 56, wo nur ein ganz kleiner und zwar der mittlere Theil derselben (*ESch*) in die Schnittfläche fällt, und weiters in Fig. 63, wo wir einen Schnitt vor uns haben, der ungefähr in der Richtung der Geraden *xy* des in Fig. 73 abgebildeten Präparates fällt. Aus diesem letzteren Diagramm ersehen wir auch, dass das supratympanale Endorgan zum Theile mit der obenerwähnten Anhäufung von Endblasen (*EBl*) zusammenfällt, von denen hier eine grössere Anzahl und einige in scheinbar innigem Contact mit den stiftförmigen Körperchen (*sti*) zur Beobachtung gelangen.

Weit besser als die Totalform und Lagerung der einzelnen Zonen des supratympanalen Endorgans der Locustinen ist uns der feinere Bau seiner Elementartheile bekannt geworden, und wir werden hier einige Thatsachen kennen lernen, welche über manche bei den Gryllodeen zweifelhaft gebliebene Punkte eine erwünschte Aufklärung geben.

Wenn wir wieder mit den Ganglienzellen beginnen, so sei zunächst erwähnt, dass zwischen denselben ein überaus feines Bindegewebe von netzartigem Charakter beobachtet wird.

Am deutlichsten erschien uns dasselbe an in Kali bichr. gehärteten und nachher mit Essigsäure aufgehellten Schnittpräparaten (Fig. 57 *rB*), während es sich bei freier Präparation meist dem Auge entzieht. Es bildet theils die Ganglienzellen untereinander, theils mit dem Integument und der benachbarten Tracheenwand verknüpfende Maschen, in deren Knotenpunkten kleine nucleoluslose grobkörnige Kerne vorkommen, die sich häufig enge an die Ganglienzellen anlegen (Fig. 86*K*).

Über die Ganglienzellen selbst erhält man an Schnitten, die in anderer Beziehung Vortreffliches bieten, nur unvollständigen Aufschluss. Sie erscheinen hier theils als kreisrunde, theils — bei dichter Lagerung — als polyëdrische Blasen von sehr verschiedener Grösse, je nachdem der Schnitt durch die Mitte derselben geht oder ein kleineres Segment davon abschneidet.

Ausserordentlich schwer verschafft man sich eine Ansicht von Ganglienzellen, an welchen die beiden Fortsätze sichtbar sind. Zu diesem Zwecke ist eine längere Maceration des früher isolirten Endorgans nothwendig, wobei öfter noch Kalilauge in Anwendung kommen muss, da gerade die Ganglienzone in der Regel ganz von Pigment und Fettgewebe verdeckt wird.

Ein derartiges mit Müller'scher Lösung behandeltes Zupfpräparat des Endorgans einer *Locusta* ist — mit Hinweglassung der vielen, fremdartigen Theile, so namentlich der *Tracheen-* und Fettgewebszellen, die das Ganze einhüllen — in Fig. 86 dargestellt.

Die Ganglienzellen erscheinen hier, da man nur *ihren* peripherischen, nicht aber den centralen Fortsatz sieht, von in der Regel birnförmiger Gestalt, besitzen einen im frischen Zustand ganz blassen feinkörnigen Inhalt, sowie einen grossen, scharf markirten, rundlichen Kern (*gk*), der in der Regel ein paar winzige Nucleoli in sich einschliesst.

Der Durchmesser dieser Zellen beträgt bei *Locusta* 0·0285 Mm., jener des Kernes 0·018 Mm., ist also nur um Weniges grösser als bei der Feldgrille.

Von den aus den Ganglienzellen entspringenden Endschläuchen ist in der Regel, aber auch nicht ohne sorgfältige und subtile Präparation, der peripherische oder äussere Theil (vergl. Fig. 87 *ESch*) der Beob-

achtung zugänglich, während man oft Tage lang sich abmühen muss, um einmal den Zusammenhang derselben mit den Ganglienzellen nachzuweisen.

Wie uns zunächst wieder das in Fig. 86 abgebildete Präparat lehrt, ist der terminale Ausläufer verhältnissmässig sehr dick, und bläht sich nach kurzem Verlaufe, genau so wie bei der Feldgrille, zu einem im Ganzen spindelförmigen Follikel auf, in dessen äusserer Hälfte der stiftförmige Körper liegt.

Frisch, im Blute des Thieres untersucht, entziehen sich die erwähnten Endkolben sehr leicht der Beobachtung, während sie ziemlich scharf hervortreten, wenn man längere Zeit Osmiumsäure oder eine tingirende Substanz, z. B. Pikrinsäure, darauf einwirken lässt.

Der Inhalt erscheint dann gleichmässig feinkörnig, und es treten zugleich ein paar charakteristische Kernbildungen darin hervor, die man unter Anwendung von Oxal- oder Essigsäure am zweckmässigsten in Verbindung mit einer Karmintinction noch deutlicher machen kann.

Ein solcher Kern findet sich zunächst ganz constant unweit des centralen Theiles der Follikel, und wir bezeichnen ihn gerade so wie bei den Gryllodeen als Wurzel oder Basalkern. Er ist (Fig. 85 und 88) durchgehends von kreisrunder Gestalt, besitzt eine deutliche Hülle und ein ungemein scharf hervortretendes ziemlich grosses Kernkörperchen.

Dabei nimmt er entweder wie bei *Odontura* (Fig. 85) die ganze Breite des betreffenden Schlauchstückes ein, oder liegt (*Locusta, Ephippigera*), ähnlich wie bei der Feldgrille, in der Mitte desselben, vom Plasma des Follikels umgeben.

Sein Durchmesser schwankt bei den bezeichneten Locustinen zwischen 0·007 und 0·009 Mm.

Minder bestimmt können wir über das Vorkommen eines zweiten Follikularkernes sprechen, der, bei *Locusta* wenigstens, regelmässig nahe am peripherischen Ende des Schlauches liegt, bei den übrigen Locustinen, namentlich bei *Odontura* und *Ephippigera* aber entschieden nicht vorhanden ist.

Dieser Gipfelkern von *Locusta*, an Grösse dem Basalkern gleichend, unterscheidet sich davon am meisten dadurch, dass das Kernkörperchen, wenn ein solches überhaupt angenommen werden darf, weit unansehnlicher ist.

Ein auffallendes Bild zeigten uns die Endfollikel von *Ephippigera* nach Tinction mit Pikrokarmin. Hier wurden nämlich ausser dem Basalkern noch mehrere kleine nucleoliartige Körperchen sichtbar (Fig. 88), um welche stellenweise eine Art heller Hof sich bemerkbar machte, so dass man wirkliche Kerne vor sich zu haben glaubte.

Da wir indess diese Erscheinung nur ganz vereinzelt wahrgenommen, möchten wir nicht gerne weitere Consequenzen daran knüpfen, und wollen vorläufig nur bemerken, das wir an den Endblasen des Siebold'schen Organs bisweilen ganz ähnliche Kernbildungen bemerkt haben, so dass die Meinung, dass wir es in den Follikeln des Tympanalorganes mit verschmolzenen Zellcomplexen zu thun haben, viel Wahrscheinliches an sich hat, wenn wir nicht etwa annehmen wollen, dass die hier vorkommenden Kerngebilde durch Differenzirung des Inhaltes einer ursprünglich einfachen Zelle entstanden sind.

Was die in den Follikeln eingebetteten stiftförmigen Körperchen betrifft, so sind dieselben (vergl. die Fig. 85 bis 90 *sti*) von den homologen Gebilden der Gryllodeen in nichts zu unterscheiden, und dasselbe gilt in Betreff des fadenartigen centralen Fortsatzes.

Letzterer zeigt an frisch präparirten Follikeln (Fig. 88) einen ganz geraden Verlauf, und erscheint von der Stiftspitze bis in die Nähe des Basalkernes als eine überall ganz gleich dünne und homogene Chorda, verbreitert sich aber vom genannten Kerne an allmählig mehr und mehr (Fig. 87 und 90 *W*), so dass schliesslich seine Seitenränder in der Nähe der Ganglienzelle sich ziemlich hart an die Membran des hier entspringenden Schlauches anlegen. In welcher Beziehung die centrale Anschwellung der Chorda zur Ganglienzelle stehe, kann ich leider nicht näher angeben. Höchst wahrscheinlich ist die Chorda als das fadenartige verschmälerte Ende des von der Ganglienzelle ausgehenden peripherischen Axencylinders anzusehen, während die Wandung des Follikels in continuirlichem Zusammenhang mit der Scheide dieses Ganglienfortsatzes steht.

An einigen mit Kali bichr. behandelten Endfollikeln von *Locusta* bemerkt man rings um das stiftförmige Gebilde einen hellen Raum (Fig. 87), der einen an die sogenannte Binnenblase der Endfollikel des Siebold'schen Organs erinnert. Da es mir aber niemals gelungen ist, wie dort, eine diesen Hohlraum einschliessende Membran aufzufinden, und da ich an frischen Präparaten von *Ephippigera* niemals etwas Gleiches beobachten konnte, so möchte ich mich dennoch gegen die Existenz eines derartigen, den stiftförmigen Körper zunächst umhüllenden Binnenschlauches aussprechen.

Hinsichtlich der Grössenverhältnisse der Endfollikel und der stiftförmigen Nervenendigungen gibt die schon erwähnte Tabelle einige Daten, aus denen wir Folgendes hervorheben.

Die Länge des gesammten Endschlauches (vom Kopf des Stiftes bis zur Ganglienzelle) misst bei *Ephippigera* 0·09 Mm., übertrifft also die Länge des Stiftes im Betrage von 0·022 Mm., ungefähr um das Vierfache, und eine gleiche Verhältnisszahl ergibt sich für die Länge des Stiftkörpers im Vergleich zu jener seines konischen Köpfchens, das, ähnlich wie bei der Feldgrille, im Mittel bei 0·006 Mm. misst.

Auffallend verschieden ist bei einigen Formen der Abstand des Basalkernes von dem peripherischen Stiftende, der z. B. bei *Odontura Boscii* (Fig. 85) relativ viel kleiner (0·04 Mm.) als bei *Ephippigera* (Fig. 88) erscheint.

Was die Länge der einzelnen Chordaabschnitte betrifft, so ergaben sich bei *Locusta virid.* folgende Masszahlen: Die Länge des einfachen Fadens beträgt 0.034, jene der angeschwollenen centralen Strecke 0·032; bei *Ephippigera vitium* hingegen notirte ich für das erstgenannte Chordastück blos 0·029 Mm.

Übergehend auf die peripherische Verlängerung der Endschläuche, so zeigt sich dieselbe im Wesentlichen gleichfalls in Übereinstimmung mit dem Verhalten der Gryllodeen.

Als eine, wie uns dünkt, nicht unbedeutende Abweichung wäre nur hervorzuheben, dass bei *Locusta*, wo wir den Bau der Endfasern auf das sorgfältigste untersucht haben, diese, ungefähr in der Mitte, spindelförmig angeschwollen erscheinen.

Frisch in Müller'scher Lösung untersucht (Fig. 86 *faK*) unterscheidet sich der Inhalt dieser Anschwellung nicht merklich von jenem der übrigen Faserstücke. Lässt man aber Chrom- oder Essigsäure darauf einwirken, so gewinnt dieselbe ganz das Aussehen eines kernartigen Gebildes (Fig. 87), in welchem in der Regel ein kleines nucleolusartiges Körperchen zum Vorschein kommt.

Da wir in den faserartigen Wurzelfortsätzen gewisser Hypodermiszellen in der Gegend der Tracheensuspensorien ganz ähnliche kernförmige Auftreibungen beschrieben haben, so unterliegt es wohl gar keinem Zweifel mehr, dass die sogenannten Verbindungsfasern des supratympanalen Endorganes der *Digastria* gleichfalls in die Kategorie des erwähnten mit der äussereren Haut in enger Beziehung stehenden Gewebes gehören.

Die Länge unseres Faserkernes beträgt 0·019, jene des zwischen diesem und dem Endschlauch gelegenen Abschnittes 0·06 Mm.

Was schliesslich die Umhüllungsmembran des supratympanalen Organs anlangt, so ist dieselbe auch hier einerseits als Fortsetzung der Scheide des Supratympanalnervs, und andererseits als Ausstülpung der integumentalen Basalhaut, die beide in continuirliche Verbindung mit einander treten, anzusehen.

Etwas anders gestalten sich hingegen die in der Faserzone vertheilten Kerne, welche wir bei den Gryllodeen als Formbestandtheile einer die Umhüllungshaut absondernden Matrixlage gedeutet haben.

Diese Kerne sind bei *Locusta, Ephippigera, Thamnotrizon* u. s. w. nicht rundlich, sondern, in der Regel wenigstens, von länglich elliptischer Gestalt, und nicht mit einem Kernkörperchen, wie bei der Feldgrille, sondern stets mit zwei solchen versehen (vergl. Fig. 62).

Der Längsdurchmesser beträgt bei *Locusta* 0·017, die Grösse der winzigen Nucleoli 0·0017 Mm.

Ganz fraglich bleibt es mir, ob diese Kerngebilde ausschliesslich der Hüllmembran angehören, oder, wofür gewisse Bilder sprechen, auch zwischen den Endfasern eingebettet sind.

Das Siebold'sche (intratympanale) Endorgan der Locustinen.

Wir schicken der Schilderung dieses Nervenendsystemes wieder einige Bemerkungen hinsichtlich der Präparation voraus.

Die Blosslegung des intratympanalen Endorganes und namentlich jene der Endblasenzone gelingt ungleich leichter und vollständiger, als jene der supratympanalen Nervenendigungen. Ziemlich schwierig ist es nur, die einzelnen Abschnitte an einem und demselben Präparat zur Anschauung zu bringen.

Dabei kann man sich entweder der von Hensen angegebenen Methode bedienen, nach welcher das gewünschte Gebilde mittelst zweier verticaler Längsschnitte durch das Tympanalsegment der Tibia erhalten wird, was aber nur an gehärteten Beinen zu einem entsprechenden Resultat führt, oder man spaltet, wie wir es in der Regel gethan und bereits oben beschrieben haben, das genannte Schienenstück mittelst einer scharfen Scheere in zwei Theile, und sucht dann die Weichgebilde des ersteren sorgfältig aus der Integumenthülse herauszuschälen. Am sichersten gelingt dies, wenn man früher durch Maceration mittelst Müller'scher Lösung oder Osmiumsäure den Zusammenhang der Gewebe etwas gelockert hat.

Indessen erhält man auch oft von selbst sehr lange in Weingeist gelegenen Schienen ganz brauchbare Präparate, ja für manche Zwecke ist eine derartige Härtung, welche man mit grossem Vortheil auch durch zweiprocentiges Kali bichr. erzielen kann, ganz unerlässig.

Soviel wir übrigens bisher in Erfahrung gebracht, lässt sich ein schönes Präparat auch nicht unter Anwendung der besten Methoden erzwingen; die Hauptsache bleibt immer, sich eine genügende Anzahl von Objecten zu verschaffen, und wenn man an einem Tage ohne Resultat gearbeitet, es am nächsten von Neuem wieder zu versuchen.

Dass alle derartigen Präparationen wegen der Kleinheit des Untersuchungsobjectes mittelst eines stark vergrössernden Präparirmikroskopes und mit möglich feinen Nadeln gemacht werden müssen, sei noch besonders hervorgehoben.

Wir haben bereits früher, als wir uns eine vorläufige Übersicht über die gesammten tympanalen Nervenendigungen der Locustinen zu verschaffen suchten, auf den bedeutenden Unterschied zwischen dem supra- und intratympanalen Abschnitte derselben aufmerksam gemacht.

Während nämlich das erstere Organ bei einer im Ganzen gabel- oder breitsichelförmigen Gestalt fast seiner ganzen Ausdehnung nach in einen verhältnissmässig dünnen Beinquerschnitt fällt, zeigt das letztere eine mehr langgestreckte bandartige Form, und erstreckt sich, wie wir mit dem Namen Intratympanalorgan andeuten, vom oberen bis zum unteren Ende der Trommelfelle, so dass seine Längenausdehnung jener der Tympana gleichkommt, oder vielmehr dieselbe, da das Organ schon etwas ober den Trommelfellen beginnt, noch um ein Geringes übertrifft.

Im Wesentlichen lassen sich nun zwar am Intratympanalorgan dieselben Abschnitte oder Zonen wie am supratympanalen erkennen; die schon erwähnte grössere Ausdehnung derselben aber, sowie die zum Theile sehr abweichende Gestaltung der einzelnen Bestandtheile verleihen demselben aber ein ganz besonderes Gepräge.

Sehen wir uns nun, bevor wir auf die Detailbeschreibung eingehen, das ganze Gebilde und zwar an dem in Fig. 73 dargestellten Präparate noch etwas genauer an.

Das Siebold'sche Organ beginnt auf der Aussenwand der supratympanalen Tracheenanschwellung (*C*), setzt sich im weiteren Verlaufe auf die Aussenwand des vorderen Tracheenarmes fort, längs welcher es bis zur abermaligen Vereinigung der intratympanalen Luftröhren fortläuft. Dabei nimmt es, wenn wir uns an die Ausdehnung der dasselbe bedeckenden Membran halten, die gesammte Fläche der zuletzt genannten Tracheenwand, sowie deren supratympanale Fortsetzung ein.

Mit Rücksicht auf seine Zusammensetzung oder Gliederung können wir zwei Abschnitte unterscheiden, einen vorderen, das heisst dem vorderen Tympanum nahe liegenden, und einen mediären, der sich längs der Mitte der äusseren Tracheenwand erstreckt.

Der erstere Abschnitt wird gebildet durch den intratympanalen Nerv (*SN*) und die demselben auf der axialen Seite anhängende Ganglienzellenreihe, und erscheint, vielleicht bis auf den untersten Theil, ganz gerade gestreckt.

Der zweite oder mediäre Abschnitt, das Siebold'sche Organ im engeren Sinne des Wortes, besteht in seinem oberen Verlaufe aus einer dem Nerv eng sich anschliessenden Gruppe von blasenartigen Gebilden (Nervenendblasen), die nach unten eine allmählig sich verschmälernde und mit dem Nerv parallellaufende einzeilige Reihe von Blasen bilden (leistenartiger oder intratympanaler Abschnitt des Siebold'schen Organs).

Indem nun diese Blasen der eigentlichen Crista durch dünne, im Ganzen quer verlaufende Nerven (Hensen'sche Verbindungs- oder Endfäden) mit den Ganglienzellen der erstgenannten Zone in Verbindung treten (*vN*), nimmt das gesammte Nervenendsystem (vergl. Fig. 74) ein strickleiterartiges Aussehen an.

Dasselbe erhält dann noch, wie man am besten aus dem in Fig. 55 dargestellten Querschnitt ersieht, einen Überzug durch eine cuticuläre Membran (Membrana tectoria, $\alpha\beta\gamma\delta\varepsilon\zeta$), welche, indem sie beiderseits der Endblasenreihe einen bandartigen etwas verdickten Streifen (Fig. 71 *vA* u. *hA*) bildet, und über jeder einzelnen Nervenendkapsel einen uhrglasförmigen Deckel (Fig. 55 *Ku*) herstellt, zunächst als stützendes Gerüste der Crista zu betrachten ist, ausserdem aber noch beiderseits derselben einen mit Flüssigkeit erfüllten Hohlraum (ϑ) abgrenzt, dem möglicherweise bei der durch dieses Organ vermittelten Sinneswahrnehmung seine besondere Aufgabe zufallen mag.

Die eben bezeichneten Theile des Siebold'schen Endorganes werden wir nun in der angegebenen Reihenfolge genauer ansehen, wobei wir uns, wie ich ausdrücklich noch bemerken muss, durchgehends nur an derartige Präparate halten, die eine zweifellose und positive Deutung gestatten, was hervorzuheben deshalb nicht überflüssig ist, weil man in der That bei unvollkommener Präparation Bilder erhält, die oft mit einander im grellsten Widerspruche zu stehen scheinen.

Nerv, Ganglienzellen und Verbindungsfasern.

Wie uns noch vom früheren Kapitel her bekannt ist, tritt der Siebold'sche Nerv in der Gegend der supratympanalen Einschnürung des Tracheenstammes (Fig. 73 *B*) von der Vorder- auf die Aussenwand derselben über, und erscheint hier, indem er an die naheliegende Endblasengruppe eine Reihe von Fasern mit interpolirten bipolaren Ganglienzellen entsendet, sehr merklich angeschwollen. In seinem weiteren der eigentlichen Crista entsprechenden und parallelen Verlaufe, wo er nur mehr einen relativ dünnen Strang bildet, verjüngt es sich nur ganz allmählig, und es bleibt mir, nach der in Fig. 63** gegebenen Abbildung seines unteren Endes sehr zweifelhaft, ob er, wie Hensen behauptet, etwas verbreitert aufhört. Eine sehr hübsche Ansicht über den intratympanalen Nerven gibt besonders die Fig. 70, wo man denselben von der Seite sieht (*SG*). Die darin bemerkbaren zellartigen Körper sind Ganglienzellen, welche aber erst bei etwas tieferer Einstellung in das Gesichtsfeld kommen. Das Präparat lehrt uns auch, dass die Endblasenreihe (*SO*) sehr stark in das äussere Beinlumen (*F*) hervorragt, während der Nerv sich nur wenig über die Tracheenwand erhebt. Noch besser erkennt man übrigens dieses letztere Verhalten aus dem mit der Camera luc. gezeichneten Querschnitt in Fig. 71*, wo der Nerv (*SN*) der vorderen Aussenecke des Luftrohres (*Tr*) ziemlich hart angedrückt erscheint.

Hinsichtlich seiner Beschaffenheit zeigt der Siebold'sche Nerv, wie man sich am zweckmässigsten an Goldchlorid- oder Überosmiumpräparaten überzeugt, durchaus die Beschaffenheit des zum Supratympanalorgan gehörigen Astes.

Er besteht aus einem cylinderförmigen Bündel sehr distincter Primitivfasern und einer gemeinsamen Scheide mit darunter liegenden Kernen (Fig. 74 *m*), die man am schönsten an Querschnitten (Fig. 55 *TN*) zu sehen bekommt, wo auch die Lagerung des Nerven in dem Winkel zwischen der Trachea und dem vorderen Tympanum gut hervortritt.

Die Breite desselben beträgt am oberen Ende bei *Locusta virid.* 0·053, bei *Ephippigera* 0·03 und bei *Odontura serric.* 0·036 Mm., während die Länge seiner Kerne (bei *Locusta*) 0·0113 Mm. misst.

Für das Studium der Ganglienzellen kann ich vorerst nicht dringend genug die oft erwähnte Hyperosmiumsäure anempfehlen, welche diesen Gebilden und namentlich dem Kerne und Kernkörperchen nach längerer Zeit gleich dem Nerven ein dunkelbraunes oder schwärzliches Kolorit ertheilt, wodurch sie der Beobachtung sehr leicht zugänglich gemacht werden.

Gute Bilder liefert übrigens auch die Behandlung des frischen Organs mit Pikrokarmin, das die Ganglienzellen schön gelb und deren Nuclei prächtig roth färbt.

Die Vertheilung der Ganglienzellen läuft im Wesentlichen jener der Nervenendblasen parallel; entsprechend der Gruppe von Terminalfollikeln sehen wir aus der supratympanalen Verbreiterung des Nerven in dichter Aufeinanderfolge und auf verhältnissmässig kurzer Strecke eine grosse Anzahl von Ganglienzellen daraus entspringen (Fig. 74 gz_1), während dieselben weiter unten, gegenüber der Endblasenreihe, in regelmässigen Intervallen aus dem Nerv, und zwar alle auf der gleichen (axialen) Seite desselben, hervorgehen (gz_2, gz_3).

Die Gestalt der Ganglienzellen anlangend, so sind dieselben durchaus bipolare spindelförmige Gebilde, und wenn man, namentlich in der supratympanalen Anschwellung unseres Nerven, häufig apolare Ganglienkugeln beobachtet, so kommt dies wohl nur daher, dass die Nervenzellen hier in grösserer Anzahl beisammen liegen, und sich deshalb ihre Faserfortsätze der Beobachtung entziehen.

Die Verbindung der Ganglienzellen mit dem ihnen dicht anliegenden Nerv erfolgt in der Weise, dass jede vom Nerv zu einer Endblase in querer Richtung hintretende Nervenröhre unweit ihrer Trennungsstelle eine zellartige Anschwellung formirt.

Dabei liegt der centrale Fortsatz der Ganglienzellen entweder — wie das im oberen Theile des bandförmigen Ganglions der Fall ist — dem Nervenstrange enge an, oder sie biegt, bei vorherrschend querer Stellung der Zellen, wie im unteren Abschnitt, unter einem bei 20° betragenden Winkel von demselben ab, wie das bereits Hensen in seiner Fig. 16 ganz trefflich darstellte.

Was die Grösse der aufeinanderfolgenden Ganglien betrifft, so scheinen die oberen alle nahezu gleiche Dimensionen zu besitzen; eine merkliche Verjüngung derselben wird erst vom oberen Drittel des der Crista entsprechenden Ganglions bemerkbar; doch ist dieselbe, wie ich mich überzeugt zu haben glaube, relativ weit geringer als jene der Endblasen.

Bei *Ephippigera* machte ich mir hierüber folgende Notizen:

Die Länge der obersten grössten Ganglienzelle beträgt 0·037.

Der Durchmesser des zugehörigen Kernes 0·024 Mm.

In der Mitte des Ganglions fand ich dagegen die Zellen nur 0·029 und die Kerne 0·019 Mm. gross.

Die letzteren zeigen durchwegs eine der Zellgestalt entsprechende länglich-elliptische Form, und zeichnen sich, von ihrer sehr beträchtlichen Grösse abgesehen, durch ihren nach erfolgter Gerinnung des Plasmas grobkörnigen Inhalt aus, in welchem (vergl. besonders Fig. 55 und 65 *gz*) zwei (bei *Ephippigera* und *Locusta* 0·0026 Mm. grosse) sehr scharf umschriebene und nach Osmiumbehandlung intensiv schwarz erscheinende Kernkörperchen beobachtet werden.

Da sich, wie bemerkt, die Ganglienzellen nur als kernführende Erweiterungen der Primitivfasern zu erkennen geben, so sind sie wie diese auch von einer namentlich an Querschnitten gut sichtbaren homogenen Hülle umgeben, ja ich glaube an einigen frisch in Osmiumsäure isolirten Zellen bei starker Vergrösserung auch eine fibrilläre Structur ihres den Kern umgebenden Inhaltes bemerkt zu haben.

Ich muss noch erwähnen, dass man an Querschnitten durch das tympanale Schienenstück niemals Ganglienzellen mit beiderlei Fortsätzen, sondern im glücklichsten Falle nur einen und zwar den peripherischen zu Gesicht bekommt, sowie man sich mittelst der Fig. 74 auch leicht vorstellen kann, dass zuweilen ausser dem in der Regel scheibenartig erscheinenden Querschnitt durch eine Ganglienzelle und den Siebold'schen Nervenstrang noch ein zweiter dünnerer Nerv zum Vorschein kommt, der eben dem centralen Ausläufer der benachbarten Ganglienzellen angehört. Ähnliche Bilder entstehen begreiflicher Weise auch dann, wenn die Schnitte, wie solches nur zu oft geschieht, nicht genau in die Querebene fallen.

Die zuerst von Hensen beobachteten peripherischen Fortsätze der Ganglienzellen, welche die Verbindung zwischen diesen und den Endblasen herstellen, verhalten sich keineswegs in der ganzen Ausdehnung des Siebold'schen Organs gleichartig.

Im supratympanalen Abschnitt zeigen sie, entsprechend der sehr ungleichen Entfernung der Endblasen vom Nerv, eine beträchtlich verschiedene Länge und Verlaufsrichtung, wie man sich am besten an dem in Fig. 66* dargestellten Querschnitt durch die Endblasengruppe von *Odontura Boscii* überzeugen kann, und wie dies auch aus der oft citirten Fig. 74 ersichtlich ist.

Von einer Gradation in den Längendimensionen der Hensen'schen Verbindungsnerven kann übrigens nicht einmal innerhalb der Crista-Zone die Rede sein. Wie Fig. 73 lehrt, wo die betreffenden Verhältnisse bei *Ephippigera* mit möglichster Genauigkeit abgebildet sind, nimmt die Länge der peripherischen Ganglienfasern zunächst von oben (gz_1) gegen die Mitte (gz_2) merklich zu, bleibt dann eine Strecke weit ziemlich unverändert, um erst weiter unten, bei gleichzeitiger Näherung der Endblasen- und Ganglienzone, allmählig und zuletzt ziemlich rasch sich zu verringern, wobei auch der Abstand der aufeinanderfolgenden Fasern immer kleiner wird.

Nach Hensen sollten am untereren Ende der Crista die Ganglienzellen ganz hart an die Endblasen heranrücken und schliesslich gar unter dieselben zu liegen kommen, mithin ihre peripherischen Fortsätze auf Null sich reduciren, was wir durchaus nicht bestätigen können, indem an geeigneten Präparaten zwischen Endblasen und Ganglien stets ein beträchtlicher Zwischenraum beobachtet wird.

Als mittlere Länge der Verbindungsnerven im mediären Crista-Abschnitt notirte ich mir bei *Locusta* 0·09 Mm. Die Richtung dieser Gebilde und zwar in der Cristaregion anlangend sei zunächst bemerkt, dass sie nicht blos bei den verschiedenen Arten, sondern auch bei verschiedenen Individuen derselben Species etwas abweichend erscheint, falls nicht etwa was sehr leicht möglich ist, die betreffenden Differenzen auf die durch die Präparation bedingten Veränderungen des ursprünglichen Verhaltens zurückzuführen sind.

Einen ganz oder doch nahezu queren Verlauf nehmen (vergl. Fig. 73) meist nur die obersten und zum Theil auch die untersten Nervenendfäden, während die inzwischen gelegenen (Fig. 73 gz_2) unter einem Winkel von circa 45° schief von oben und seitwärts nach unten und einwärts (axialwärts) verlaufen. Auf diese Weise kommt es, dass die zu einer Endblase gehende Primitivfaser vom Hauptnerv an einer Stelle sich lostrennt, deren quere Verbindungslinie mit der Crista die letztere um ein paar Endblasen weiter oben schneiden würde.

Der Bau des peripherischen Ganglienzellenfortsatzes stimmt in jeder Hinsicht mit der centralen Faser überein. Besonders deutlich sowohl an Zupf- (Fig. 74 vN) als an Schnittpräparaten (Fig. 55 und 65 vN) ist hier zu erkennen, dass die Verbindungsnerven aus einem cylindrischen Bündel feiner Primitivfibrillen bestehen, das in einer besonderen dünnhäutigen Röhre steckt, und der innerlich von Stelle zu Stelle dieselben meist länglich elliptischen seltener kreisförmigen Kerne (Fig. 55 p) anliegen, wie sie, nur etwas grösser, auch am Hauptnervenstrange beobachtet werden [1].

Hinsichtlich der Dicke der Verbindungsnerven notirten wir uns bei *Ephippigera* am obersten Abschnitt des Organs 0·0034 Mm., während sie in der Mitte nur mehr 0·002 Mm. beträgt, und gegen das untere Ende der Leiste zu noch geringer ausfällt.

Ausserdem sei noch bemerkt, dass das System der queren Nervenendfasern sich enge an die Basalmembran der Tracheenwand anschliesst, ja stellenweise sogar damit verwachsen ist.

Endblasen. Um ein möglichst klares Bild von der sogenannten Crista oder dem Siebold'schen Endorgan im engeren Sinne zu entwerfen, wollen wir uns zunächst eingehender mit dem Bau der dasselbe zusammensetzenden und im Wesentlichen einander gleichenden Einzelglieder derselben, den sogenannten Endblasen, beschäftigen.

---

[1] O. Schmidt zeichnet an den Verbindungsnerven kernartige Anhängsel, die mir an frischen Präparaten niemals untergekommen sind.

Die Natur dieser Gebilde kennen zu lernen, hat durchaus keine Schwierigkeit; ein einziger gelungener Querschnitt durch das intratympanale Tibienstück, wie ein solcher, mit der Camera lucida gezeichnet, in Fig. 65 vorliegt, gibt uns hierüber völlig ausreichenden Bescheid.

Die genannte Abbildung zeigt uns die Aussenwand ($\alpha\beta$) des vorderen tympanalen Tracheenastes mit ihrer Matrix (*Tr Ma*) und Basalmembran und darüber ein Glied des Nervenendigungssystemes, nämlich rechts eine Ganglienzelle (*gz*), links davon, der Trachea sich anschmiegend, ein Stück eines Verbindungsnerven (*vN*) und am Ende derselben eine stark nach aussen (in den äusseren Beincanal) vorspringende gestielte Blase (*E Bl*), das eigentliche Nervenendgebilde.

Aus der Figur ist ferner ersichtlich, dass die bezeichneten nervösen Gebilde in einem besonderen Hohlraum eingebettet sind, der nach unten (innen) durch die schon erwähnte tracheale Basalmembran und nach oben (aussen) durch die sogenannte Deckplatte ($\gamma\delta$) begrenzt wird.

Letztere liegt der Ganglienzelle und dem Verbindungsnerv ziemlich enge an, steigt aber in der Nähe der Endblase etwas in die Höhe, bildet dann — indem sie sich zugleich etwas verdickt (am Querschnitt) — eine Art Steg, geht im weiteren Verlaufe in Form eines sanft gekrümmten Bogens auf die Endfläche der Blase über, schwillt an der entgegengesetzten Seite derselben wieder etwas an, und wendet sich schliesslich, ohne ihre Richtung viel zu verändern, der Trachea zu.

In der Blase selbst, mit ihrem nach aussen gewölbten Kopf und dem gegen die Trachea zu sich verschmälernden Stiel, unterscheiden wir abermals eine der äusseren an Gestalt ähnliche Innen- oder Binnenblase (*B Bl*) mit relativ viel durchsichtigerem, wässrigflüssigem Inhalt, in dem das birnförmige Körperchen (*bi*) eingebettet liegt, das seine breite oder Kopfseite nach aussen kehrt, während von der Spitze desselben, dem Stengel einer Birnenfrucht vergleichbar, ein dünner Faden entspringt.

Ausserdem bemerken wir dann noch im Kopfabschnitt, ausserhalb der Binnenblase, einen grossen mit zwei Kernkörperchen versehenen Kern (*Gk*), und einen ähnlich gestalteten auch im Stiele oder in der Basis der Blase (*Wk*).

Aus dem Bisherigen ist bereits zu entnehmen, dass die Endgebilde des intratympanalen Organes mit denen des supratympanalen, das heisst also mit den sogenannten Endschläuchen in den wesentlichsten Zügen übereinstimmen. Beiderlei Bildungen bestehen aus einer peripherisch etwas anschwellenden Kapsel mit einem ganz specifischen Binnenkörper, der das eigentliche Nervenende repräsentirt. Dieser Binnenkörper ist aber im Siebold'schen Organ verhältnissmässig dicker als in der supratympanalen Region, und erscheint hier noch von einer besonderen Kapsel, der Binnenblase umhüllt.

Die Convergenz zwischen den in Rede stehenden Theilen, erstreckt sich sogar auf die kernartigen Einlagerungen, indem wir ja auch an den Endblasen einen sogenannten Gipfel- und Basalkern unterscheiden können.

Als wirklich wesentlicher Unterschied zwischen den fraglichen zwei Gebilden kann eigentlich nur der hervorgehoben werden, dass sich die Endschläuche in Form einer Faser über das stiftförmige Körperchen hinaus fortsetzen und mittelst derselben in unmittelbare Verbindung mit dem Integumente treten, während die Endblasen der Crista mit einer breiten gewölbten Fläche frei endigen, respective, durch die Deckmembran, nur mittelbar mit dem Integumente verknüpft werden.

Indessen findet auch in dieser Richtung eine gewisse Annäherung zwischen beiderlei Nervenendfollikeln statt, dass die Endblasen im supratympanalen Abschnitt des Siebold'schen Organs, wie wir aus dem in Fig. 63 abgebildeten Diagramm entnehmen, nach aussen hin, also an ihrer Kopfseite, sich konisch verlängern (*EBl*), wie denn überhaupt, wie wir gleich sehen werden, die Form und Dimensionsverhältnisse der Endblasen in den einzelnen Abschnitten unseres Organs nicht unerheblichen Schwankungen unterworfen sind.

Wenn aber die Endblasen des Siebold'schen Organs der Hauptsache nach mit den Endschläuchen der supratympanalen Region übereinkommen, und wie diese als formell einheitliche Gebilde erscheinen, wie ist es dann möglich, müssen wir uns fragen, dass Hensen und neuerlich auch wieder O. Schmidt an denselben eine Zusammensetzung aus vier distincten Zellen annehmen konnte?

Um diese nach unserer Überzeugung ganz verfehlte Anschauung doch einigermassen begreiflich zu machen und künftige Forscher vor ähnlichen Täuschungen zu bewahren, müssen wir in der weiteren Darstellung über den Bau der Endblasen und des Siebold'schen Organs überhaupt einen etwas weiteren Weg einschlagen, als wenn wir, unbekümmert um die abweichenden Angaben anderer, lediglich unsere eigenen Beobachtungen darlegen wollten.

Wir gehen zunächst auf die Betrachtung des in Fig. 55 abgebildeten Querschnittes (einer *Ephippigera*) über. Derselbe erinnert hinsichtlich unseres Organs sogleich an das früher von *Locusta* beschriebene Verhalten, nur sind die einzelnen Nerventheile vollständiger sichtbar. Besonders schön, wenn auch nicht ganz so wie wir's wünschen möchten, ist hier der Zusammenhang zwischen dem Verbindungsnerven (vN) und dem Basaltheile oder Stiele der Endblase zu erkennen. Letztere erscheint als eine Aussackung des Nervenendes, in deren Mitte die helle Binnenblase mit dem birnförmigen Körperchen liegt. Der von der Spitze des letzteren ausgehende Faden verändert an der Basis der Nervenkapsel plötzlich seine Richtung und wendet sich dem Verbindungsnerv zu, als dessen verschmälerter Axencylinder, wie später gezeigt werden wird, er anzusehen ist. In der Kopfgegend der Endblase bemerken wir aber ein haubenartiges Gebilde (ku), das einen bei ganz oberflächlicher Betrachtung in der That an die „Deckzelle" Hensen's (Fig. 75* d) mahnt, wenngleich ein Zusammenhang dieses Gebildes mit dem birnförmigen Körper, wie sie Hensen annimmt, nicht bemerkt werden kann.

Wenn wir uns aber erinnern, dass die Deckmembran ($\alpha\gamma\delta$) die freien Enden der Endblasen überzieht, so müssen wir uns wohl sogleich gestehen, dass dieses deckelartige Gebilde lediglich nur einen Abschnitt der Hensen'schen Deckmembran vorstelle. Dass dem wirklich so sei, überzeugt man sich auch bei verschiedenen Einstellungen des Mikroskopes, indem beim Senken des Tubus der ziemlich scharf abgeschnittene Rand ($\beta\lambda\delta$) des accessorischen Hautdeckels gänzlich verschwindet, um beim weiteren Verschieben an der gegenüberliegenden Seite wieder zum Vorschein zu kommen.

Um dies Verhalten möglichst anschaulich zu machen, habe ich noch einen anderen ähnlichen Querschnitt von *Locusta* in Fig. 71* mit der Camera lucida entworfen.

Die als dunkle Linie erscheinende Deckmembran ist sogleich zu erkennen. Über dem birnförmigen Körperchen (bi) hat es aber den Anschein, als ob dort eine besondere querelliptische Zelle liege, indem man an der gedachten Stelle auch einen oder ein paar Kerne wahrnimmt. Und doch ist diese vermeintliche Deckzelle weiter gar nichts, als ein Segment des die Endblase bedeckenden mützenartigen Abschnittes der Deckmembran, was am deutlichsten daran erkannt wird, dass das fragliche Hautstück an seinen Enden umgeschlagen ist.

Dabei hat der Umstand, dass die betreffende Stelle feinkörnig, also wie Zellplasma erscheint, weiter gar nichts auf sich, indem eine ähnliche Körnelung auch auf anderen Membranen bemerkt wird, wenn in ihrer Nähe eine Gerinnung des Plasmas stattfindet, von dem dann in Folge der Adhäsion einzelne Teilchen der Haut anhaften.

Wenn es nun nach meinem Dafürhalten gar keinem Zweifel unterliegt, dass die Deckzelle, wie sie Hensen in seinem Endblasenquerschnitt (Fig. 6) darstellt,, aus der unrichtigen Deutung des von uns als Endblasenkuppel bezeichneten Abschnittes der Deckmembran zu erklären sei, so sind dagegen einige andere Ansichten der Kopfzelle, die, wie wir schon in einem früheren Kapitel erwähnten, miteinander zum Theil in grellem Widerspruche stehen (vergl. seine Fig. 8 und 10), aus der irrthümlichen Deutung gewisser anderer Theile der Endblasen entsprungen.

Dies wird uns sogleich klar werden, wenn wir nunmehr an das Studium von Zupfpräparaten der Crista gehen.

Fig. 72 A zeigt uns ein oberes Stück derselben von *Odontura* und zwar von der freien Aussenfläche und bei hoher Einstellung gesehen.

Beiderseits der in einer Reihe hintereinander aufgestellten Endblasen bemerken wir je eine Leiste (l und l'), den äusseren umgebogenen Rändern der die Crista stützenden verdickten Bänder oder Streifen (Fig. 55 δ

u. β) der Deckmembran entsprechend. Wie aus der früheren Betrachtung der Crista-Diagramme hervorgeht, spannt sich die erwähnte Haut zwischen den bezeichneten Leisten in Gestalt einer mehr oder minder gewölbten Kuppel über je eine Endblase aus. Unsere Abbildung drückt nun dieses Verhalten sehr gut aus, und wir sehen zugleich, dass die Endfläche der Siebold'schen Blasen in dieser Gegend der Crista ungefähr die Gestalt eines quergestellten Rechteckes mit etwas namentlich oben und unten (in der Figur vorne und hinten) eingebogenen Seiten besitze. In der Mitte dieser End- oder Kopffläche nehmen wir ferner ein kleines kreisrundes Gebilde (*bi*) wahr, das wir sogleich als das Flächenbild des Siebold'schen Körperchens erkennen.

Auserdem bemerken wir schliesslich noch, dass die Kuppel der Deckmembran über jedem dieser Körperchen eine Art spangenförmig gebogenen Wulstes, gewissermassen ein besonderes Dach bildet, dessen Bedeutung uns völlig unklar bleibt.

Senken wir jetzt ein wenig den Tubus, um den Bau der Endblasen näher ihrer Basis kennen zu lernen, so bietet sich uns ein ganz anderes Bild dar (Fig. 72 *B*). Die pelluciden Kuppelgebilde der Deckmembran sind verschwunden, die Umrisse der Blasenendfläche heben sich scharf ab und die Endblasen gewinnen das Aussehen nahezu pyramidenartiger Körper, deren Spitze nach abwärts (innen) und deren fast rechteckige Basis nach aussen gewendet ist [1].

Zugleich beobachten wir in der Mitte der Endblase das birnförmige Körperchen, das von der in Folge der Präparation collabirten und daher vielfach gerunzelten Membran der Binnenblase eingeschlossen wird.

Ein ganz ähnliches Verhalten wie die eben beschriebenen, in Spiritus conservirten Siebold'schen Blasen von *Odontura* und die in Fig. 73 (*SO*) abgebildeten von *Ephippigera* zeigen auch die mit Osmiumsäure behandelten Cristagebilde von *Locusta*.

Wir sehen von oben betrachtet wieder (Fig. 74) die rechteckige oder mehr quadratische Endfläche, und eingebettet in einer körnigen Masse die von oben als mehr oder weniger kreisrunder Ring erscheinende Binnenblase mit dem birnförmigen Endgebilde. Statt eines einzigen Kernes nehmen wir aber hier deren drei wahr, wovon der grösste und stets von einer deutlichen Membran umschlossene (Fig. 63* *gk*), den wir als Gipfelkern bezeichnen, der Endfläche am nächsten liegt, während die zwei anderen (*sk*) etwas tiefer sitzen. Letztere sind auch an dem in Fig. 49 dargestellten Querschnitt einer Endblase (*EBl*) ersichtlich.

Der Umstand, dass nach meinen bisherigen Erfahrungen die eben erwähnten Seitenkerne bei *Odontura* und *Ephippigera* fehlen, scheint mir schon von vorne herein gegen Hensen's Behauptung zu sprechen, nach welcher an den Endblasen ausser der Deckzelle noch zwei besondere Seitenzellen unterschieden werden können.

Ein Präparat, das uns über diesen Punkt sowohl als betreffs der sog. Deck- und Basalzellen Hensen's einen unzweideutigen Einblick gestattet, ist in Fig. 75 und zwar von einer *Ephippigera* dargestellt, deren Vordertibien zwei Tage in Oxalsäure gelegen hatten. Durch dieses Reagens wurden die fraglichen Theile sehr schön aufgehellt, während die Kerne der Endblasen, sowie jene der Tracheenmatrix (*Tr*) durch den rothen Farbstoff der letzteren ausgezeichnet hübsch tingirt wurden.

Von den sechs hier dargestellten Endblasen wenden uns drei (auf der linken Seite) ihre Endflächen zu, während die übrigen halb von oben (aussen), halb von der Seite gezeichnet sind. An den ersteren erkennt man ausser dem grobkörnigen Kern die collabirte Membran der Binnenblase (*BBl*) mit dem darin liegenden birnförmigen Körperchen, wovon eins von oben, die zwei anderen, zum Theil durch das Deckglas verzerrt, von der Seite sich darstellen.

Von den drei anderen Blasen ist besonders die mittlere sehr instructiv. Wenn wir von dem an dieselbe herantretenden Nerv (*v N*) ausgehen, so bemerken wir, dass die Scheide desselben, an der Spitze der Blase

---

[1] O. Schmidt spricht von einer, nach den einzelnen Blasen gefächerten, keilförmig gegen die Trachea zusammenlaufenden Rinne. Die Wände derselben sind aber nicht eine separate Hautbildung, sondern weiter nichts als die Grenzflächen der Blasen selbst, welche letztere aber in ihrer Ganzheit von unserem hochverehrten Gönner entschieden ebenso unrichtig wie von Hensen aufgefasst wurden.

vom Axencylinder sich trennend, in die Membran des Follikels (m) übergeht, während der Axencylinder selbst von dieser Stelle an sich plötzlich stark verschmälert (Z) und in Gestalt eines dünnen Fadens zum birnförmigen Körperchen hinaufsteigt. Zweifelhaft blieb mir dabei nur, wie es mit dem Zusammenhang des Nervs mit der Binnenblase bestellt sei. Dieselbe scheint zwar gleichfalls, gerade so wie die äussere Kapsel, aus einer den Nerv umgebenden Hautröhre hervorzugehen; ich kann aber nicht entscheiden, ob diese zwei gesonderten Nervenscheiden längs des ganzen Verbindungsnerven bestehen, oder ob, was mir nach Analogie mit ähnlichen Gebilden — z. B. den Pacinischen Körperchen — wahrscheinlicher vorkommt, eine derartige Spaltung und Wucherung der Nervenhülle erst an der Endblase sich geltend macht.

Indem aber, wie erwähnt, die in Rede stehende Endblase nicht ganz auf der Seite, sondern derartig liegt, dass zugleich auch die breite Endfläche sichtbar wird, so kann letztere in der That bei flüchtiger Betrachtung an Hensen's Deckzelle erinnern, und wir glauben auch, dass gewisse Bilder in seiner Arbeit zufolge einer derartigen irrthümlichen Deutung der Blasenfläche entstanden sind.

Aus dem besprochenen Präparat ergibt sich ferner, dass Hensen's Darstellung einer besonderen Basalzelle (Fig. 75* *ba*) gleichfalls auf Täuschung beruht.

Wir sehen allerdings an der Blasenspitze einen Kern, derselbe ist aber in nichts von anderen am Verbindungsnerv beobachteten Nucleis unterschieden, und stimmt auch hinsichtlich seiner Lage zwischen Axencylinder und Scheide mit diesen vollkommen überein.

Ein ausserordentlich prägnantes Bild der eben geschilderten Structurverhältnisse der Siebold'schen Endorgane bietet uns auch das mittelst der Hellkammer gezeichnete Präparat in Fig. 94. Dasselbe stammt aus dem mittleren Theil der Crista einer *Locusta*, welche frisch in Überosmiumsäure isolirt und dann, namentlich um die Kerngebilde und Nervenenden deutlich zu machen, mit Pikrokarmin tingirt wurde.

Die am lebenden Thiere ganz farblose Substanz der Blase erscheint nach der bezeichneten Tinction besonders am Kopftheil feinkörnig und durch das Pikrin intensiv gelb gefärbt, während die terminalen Kerngebilde in Folge der Karminimbibition stark geröthet sind.

Nach diesem Präparat hat es übrigens den Anschein, als ob die sog. Seitenkerne beiläufig in derselben Höhe wie der Gipfelkern sich befänden, und müssen wir bezüglich des letzteren noch erwähnen, dass, wie wir an der mittleren Blase sehen, bisweilen eine unvollständige Theilung an demselben zum Vorschein kommt, wenn wir nicht etwa annehmen wollen, dass wir es hier mit einem Artefact zu thun haben.

Sehr bestimmt ist auch hier die Verschmälerung des Axengliedes (Z) vor seinem Übertritt in das birnförmige Körperchen, sowie der Übergang der Nervenscheide in die äussere Blasenhülle ausgesprochen, während die wasserhelle Binnenkapsel in der Regel nur nach aussen (vorne) zu scharf contourirt erscheint.

Hinsichtlich des am Stiel der Blase zur Beobachtung gelangenden Kernes kann man nach dem vorliegenden Präparat nicht länger mehr darüber im Zweifel sein, dass sie nicht einer besonderen Zelle [1], sondern eben dem Nerv selbst angehöre, der also nicht, wie Hensen behauptet (vgl. Ferig. 75), von der Seite her in die Basalzelle eintritt, sondern mit der Blase selbst in continuirlichem Zusammenhange steht.

Indem wir bei der bisherigen Beschreibung der Siebold'schen Blasen uns nur an solche Präparate hielten, die eine unzweifelhafte positive Deutung zulassen, so müssen wir jetzt bemerken, dass einem nicht selten auch derartige Ansichten unterkommen, deren Erklärung sehr kitzlich werden kann.

Wir verweisen in dieser Richtung lediglich auf die in Fig. 71 dargestellte Seitenansicht des Siebold'schen Organes von *Thamnotrizon apterus,* wo es, namentlich am untern Abschnitt desselben, ganz den Anschein hat, als ob die zu den birnförmigen Körperchen hintretenden Nervenfäden aus einem mit Kernen durchsetzten Protoplasmastratum hervorgingen, während der dunkelkörnige Kopftheil der Endblasen nach innen zu ausserordentlich vielgestaltige, zum Theil an gewisse Hensen'sche Bilder mahnende Contouren zeigt, die allerdings

---

[1] Auch O. Schmidt unterscheidet eine separate Basalganglionzelle.

leicht verständlich sind, wenn man bedenkt, dass die Binnenblase, wenn sie wie hier durch das Deckglas gequetscht wird, nach allen Richtungen sich auszudehnen sucht, wodurch dann eben die höchst abweichenden Bilder zu Stande kommen. Im untern Theil der Crista gewahrt man hier sehr deutlich zwischen den Endblasen eingeschaltete Zellen, die ohne Zweifel die Seitenzellen Hensen's sind, aber wie man sieht, mit den Follikeln selbst weiter nichts zu thun haben, sondern mehr eine Art Ausfüllungsmaterial abgeben [1].

Wie schon erwähnt, stimmen die birnförmigen Körperchen der Hauptsache nach mit den stiftförmigen Gebilden der supratympanalen Nervenendausbreitung überein, wenn sie gleich gewisse Merkmale besitzen, durch welche sie sich auf den ersten Blick von denselben ganz sicher unterscheiden lassen.

Sie sind nämlich (vergl. Fig. 95 mit 90) erstens verhältnissmässig viel dicker als die stiftartigen Nervenenden, und lassen ferner an ihrem stumpfen Kopftheil (*Ko*) eigenthümliche, den eben genannten Körperchen wie es scheint, gänzlich fehlende Structurverhältnisse erkennen.

Der Vergleich mit der Birngestalt ist insoferne nicht ganz zutreffend, als ihr dickeres Ende nicht eingedrückt, sondern deutlich oft knopfartig zugespitzt erscheint.

Ihr Aussehen ist übrigens, vom Totalumriss abgesehen, je nach der Präparationsweise, auch bei einem und demselben Endorgan etwas wechselnd.

Wenn wir zunächst die in Fig. 95 dargestellte Form betrachten, wie sie uns z. B. bei *Decticus*, *Locusta* u. s. w. besonders an gehärteten Präparaten öfters begegnet, so erinnert uns dieselbe an das bekannte Bild eines kegelförmigen Kelchglases, auf dem ein ausgehöhlter, mit einem Knopf versehener Deckel aufgesetzt ist, der aber an unseren Gebilden continuirlich in den Hauptkörper übergeht.

Dass der letztere hohl ist, schliessen wir, so gut wie an den stiftartigen Nervenenden daraus, dass die Ränder desselben, wenn man ihn im optischen Längsschnitte studirt, ganz abweichend vom übrigen Theil, der die Brechungsverhältnisse der Einschlussflüssigkeit zeigt, stark, und zwar bei bedeutender Vergrösserung, schön bläulich glänzend und ganz homogen erscheint, eine Eigenschaft, die, wenigstens bei manchen Präparaten, dem Deckel- oder Kopfabschnitt in seiner ganzen Ausdehnung zukommt, wesshalb wir auf Grund derartiger Bilder geneigt sind, denselben für ganz massiv oder doch für weit dickwandiger zu halten, als die Hüllmembran des übrigen Körperchens.

Innerhalb des bezeichneten Kelchhohlraumes unterscheidet man aber sehr häufig (vergl. auch die Fig 75 bi_2) einen den Kelchrändern ähnlichen hellen Streifen (Fig. 95 *v*) und bisweilen noch einen zweiten (*h*) der erst bei veränderter Einstellung deutlich wird.

Da diese letzteren bläulich glänzenden Linien von einem lappenartigen Fortsatz des Kelchdeckels (*g*), auszugehen scheinen, so erhält man das Bild eines an der Spitze massiven, im übrigen aber hohlen vierkantigen Körpers, im Ganzen etwa vom Aussehen einer Strassenlaterne, die uns, je nachdem wir uns gegen dieselbe stellen, entweder drei oder vier Seitenkanten zuwendet.

Wenn aber die Siebold'schen Körperchen, wie dies bekanntlich Leydig in der That behauptete, wirklich eine derartige Gestalt besässen, so müssten sie selbstverständlich, im optischen Querschnitt betrachtet, eine den vier vorspringenden Leisten, resp. verdickten Seitenlinien entsprechende, also im Ganzen viereckige Gestalt besitzen, wie wir sie in Fig. 95* und zwar bei einer Ansicht dargestellt haben, wo an der Profilstellung des Körperchens die hintere Kante (*h*) durch die vordere bedeckt würde, im Ganzen also das Gebilde dreikantig (wie in Fig. 55 *bi*) erschiene.

Da man an der Crista die Endblasen und die in der Verticalaxe derselben liegenden Siebold'schen Körperchen gewöhnlich in der Ansicht von oben (aussen) erblickt, so hat man Gelegenheit genug, den optischen Querschnitt der letzteren in allen Tiefen genau kennen zu lernen.

Die so gewonnenen Bilder widersprechen aber sammt und sonders der Leydig'schen Auffassung.

[1] Hier sei noch erwähnt, dass O. Schmidt von der Binnenblase, die er doch zeichnet, keine Silbe erwähnt und dass seine Darstellungen der „polsterförmigen Deckzelle“ in Fig. 23 und 26 nicht wohl mit einander vereint werden können.

Sie sind nämlich, wie bereits Hensen angab, nicht viereckig, sondern zeigen durchaus die Gestalt eines kreisförmigen, deutlich doppelrandigen Ringes (Fig. 74 und 75 *o*), dessen Breite (bei *Locusta* im mittleren Crista-Abschnitt bei 0·0009 Mm. betragend) entweder überall ganz gleich ist oder der auf der Innenseite einige aber stets ganz unregelmässig vertheilte Unebenheiten erkennen lässt.

Daraus ergibt sich, dass unsere Körperchen in der That konisch geformt sind, und dass wir uns für die zwischen den Seitenrändern liegenden linearen Gebilde nach einer anderen Deutung umsehen müssen, die sich auch an möglichst frisch und mit den stärksten Linsen untersuchten Körperchen ziemlich mühelos darbietet.

Aus den bereits erwähnten, durch den Kopftheil gehenden optischen Querschnitten dieser Körperchen ersehen wir zunächst, dass das Centrum von einem zwar sehr kleinen, aber ungemein scharf sich abhebenden Kreisfleck eingenommen wird, um den sich ein breiter Hof von körniger Masse herumzieht, so dass der gesammte Querschnitt das Aussehen einer Zelle annimmt, an der der genannte Centralpunkt gewissermassen den Nucleolus vorstellt.

Die Erklärung für den letzteren und für die denselben umlagernde Körnermasse ergibt sich von selbst aus der in Fig. 55 (*bi*) dargestellten Profilansicht. Hier erkennen wir nämlich, dass die Membran des Kelchabschnittes ohne beträchtlich dicker zu werden, in den Deckeltheil übergeht, dass aber der Hohlraum des letzteren von einer etwas in jenen des Kelches hineinragenden Körnermasse eingenommen wird, welche aber, wenn sie aus gewissen Ursachen, mehr homogen sich darstellt, wie in Fig. 95, die Form eines unmittelbar der Deckelhülle angehörigen Lappens annimmt.

Es bedarf dann weiters keiner besonderen Begründung mehr, dass der centrale Punkt am optischen Querschnitt unseres Gebildes die Projection eines die Längsaxe desselben durchziehenden dünnen Fadens ist, der, wie man sich leicht überzeugt, in den verschmälerten Axencylinder des Verbindungsnerven übergeht, und demnach als dessen eigentliches Ende zu betrachten ist.

An dem vorliegenden Präparat, sowie an vielen anderen, könnte man der Meinung Raum geben, dass sich das haarfeine Nervenende ganz bis zur Spitze des Körperchens erstrecke, indem, was ja auch die Querschnitte bestätigen, die kugelförmige Körnermasse des Kopfabschnittes der Länge nach von einer hellen Linie durchzogen wird, welche wir bekanntlich auch am kegelförmigen Ende der stiftartigen Gebilde erkannt haben.

Aus der in allerjüngster Zeit an den birnförmigen Gebilden von in Osmiumsäure conservirten Organen der *Locusta* gemachten Beobachtungen geht indess hervor, dass, wenigstens bei dieser Form, der innere Bau der fraglichen Körperchen sich etwas anders und zwar complicirter verhalte.

Diese Beobachtungen wurden, um möglichst scharfe Bilder zu erlangen, theils bei directem Sonnen-, theils bei sehr intensivem Gaslichte, und mit der stärksten mir damals zugänglichen Vergrösserung (Zeiss *F* Ocular IV) angestellt.

Dabei bot sich mir das in Fig. 96 möglichst naturgetreu wiedergegebene Bild, an dem die weiss bezeichneten Theile schön himmelblau, die schwarz dargestellten Partien dagegen von der Farbe des Gesichtsfeldes, nämlich goldgelb, erschienen.

Wenn wir nun daran festhalten, was schwerlich bezweifelt werden kann, dass die hinsichtlich ihrer lichtbrechenden Eigenschaft von der Einschlussflüssigkeit (mit Wasser verdünntes Glycerin) abweichenden, nämlich die bläulich glänzenden Theile unseres Körperchens, wie das ja wenigstens für die Hüllmembran (*H*) desselben ganz sicher ist, relativ feste Gebilde sind, während die übrigen Stellen von einer das Licht wenig brechenden Flüssigkeit eingenommen werden, so stellt sich der Bau der Siebold'schen Nervenendkörperchen folgendermassen dar:

Die zum grössten Theil hohle, resp. von Flüssigkeit erfüllte kolbenförmige Kapsel besitzt eine ziemlich dicke, am Kopfe etwas angeschwollene Hülle, die am centralen Ende sich hart an den Nervenfaden anschliesst.

Der Kopftheil wird grösstentheils von einem im ganzen quer ellipsoidischen körnigen Gebilde eingenommen, das einen schmalen, gleichfalls in die Quere gehenden Hohlraum umschliesst, durch den das erwähnte Gebilde, das wir als Kern des Kopftheiles bezeichnen wollen, in zwei ungleiche Segmente getrennt

wird, die aber peripherisch durch eine dünne Zwischenzone (am optischen Längsschnitt durch zwei henkelartige Theile) mit einander verbunden sind.

Das obere dieser Segmente (*q*), vielleicht in der Mitte durchbrochen, hat ungefähr eine halbkugelige Gestalt, während das untere (*p*) plattenförmig sich darstellt.

Der in der Längsaxe des Körperchens verlaufende Nervenendfaden (*fd*) scheint im Mittelpunkte der bezeichneten Platte mit dieser verwachsen zu sein.

Er ist umgeben von einer besonderen (inneren) Hülle (*h*), die sich, wie bereits Hensen sehr bestimmt nachwies, an der Spitze des Körperchens, wo die äussere Kapselwand etwas verdickt ist, von dieser abzweigt, anfänglich der Nervenchorda eng anliegt, gegen den Kopftheil aber, entsprechend der Erweiterung der Aussenhülle, von demselben sich weiter entfernt und gleichfalls mit der erwähnten Platte verschmilzt.

Schliesslich müssen wir noch bemerken, dass die beschriebenen Structurverhältnisse der Siebold'schen Körperchen nicht etwa blos an einzelnen, sondern ohne Ausnahme an allen unter denselben Bedingungen untersuchten Gebilden dieser Art in gleicher Weise erkannt worden sind [1].

Nachdem wir den Bau der Endblasen im Allgemeinen kennen gelernt haben, erübrigt uns noch die Besprechung ihrer Lagerungs- und Grössenverhältnisse in den einzelnen Theilen des Siebold'schen Organs.

Wie schon mehrmals erwähnt, lässt dasselbe zwei Hauptabschnitte erkennen: die auf der supratympanalen Tracheenanschwellung liegende Gruppe und die längs der intratympanalen Aussenwand der Trachea befindliche einzeilige Reihe von Endblasen.

Was die Blasengruppe anlangt, so konnten wir dieselben nur an einem einzigen Präparat von *Ephippigera* (Fig 73) in aller Vollständigkeit studiren. Die Schwierigkeit der Untersuchung liegt hauptsächlich darin, dass sie theils von Fettgewebe, theils vom Pigment der Deckmembran ganz verhüllt wird. Letzteres wurde am bezeichneten Präparat mittelst Kalilauge entfernt, wodurch aber die Umrisse der ohnehin einander vielfach bedeckenden Blasen grösstentheils verwischt wurden, wesshalb wir um der allzu starken Aufhellung entgegenzuwirken und die Kerngebilde deutlicher zu machen, nachträglich ganz schwach angesäuertes Glycerin zusetzen.

Bei *Ephippigera* zählte ich am fraglichen Abschnitt 20 Blasen, glaube aber, dass deren noch einige mehr vorhanden sein mögen.

Wie gesagt, liegen dieselben ganz regellos durcheinander, wobei ein Theil derselben unmittelbar dem Nerv anliegt, während der übrige bis gegen die Mitte der bezeichneten Tracheenwand reicht. Dass die gesammte Blasenanhäufung, wie Hensen meint, gewissermassen ein aufgewundenes Ende der Blasenreihe vorstelle, lässt sich durchaus nicht näher begründen.

An Flächenansichten hat es den Anschein, dass die in Rede stehenden Blasen, gleich denen der Crista, alle der Trachea sich anschmiegen. Querschnitte durch die betreffende Region zeigen uns aber, dass sie, gleich den Endschläuchen, auch auf das Beinintegument übergehen.

So sehen wir an Fig. 66* (von einer *Odontura Boscii*), dass unsere Nervenendkapseln in einem Bogen sich längs der Vorderpartie der trachealen und integumentalen Aussenwand (*bi*) fast bis zur Mitte der letzteren (*EBl*) erstrecken, und ähnliche Lagerungsverhältnisse ergeben sich aus Fig. 63, die uns auch beweist, dass manche Blasen (z. B. EBl_1) über einander gelagert sind, also weder der Trachea, noch dem Integumente sich näher anschliessen, ein Umstand, auf den bei der functionellen Deutung dieser Nervenenden Rücksicht genommen werden muss.

Während die supratympanalen Endblasen, wie wir schon früher einmal hervorgehoben, hinsichtlich der Grössen- und Gestaltverhältnisse durchaus übereinstimmen, macht sich betreffs der letzteren, wie am besten

[1] Dass die als optische Längsschnitte der Chordahülle zunehmenden zwei Streifen nicht Kanten der Kapsel sind, ergibt sich übrigens schon daraus, dass sie, unter allen Umständen, entsprechend der zarteren Natur des genannten Chordafutterales, weit schmäler als die Seitenränder der Aussenhülle sind, die, im Durchschnitt betrachtet, als ein zusammenhängender dicker Rahmen sich darstellt, der am Kopftheil um die körnige Kugel herumläuft. Indem letztere, durch gewisse Härtungsmittel fast homogen wird, kommt das auch von O. Schmidt wieder gezeichnete vierrippige Trugbild zu Stande.

aus Querschnitten (Fig. 63 *EBl*) sich ergibt, im Vergleich zu den Cristablasen insoferne ein Unterschied geltend, als jene im Ganzen viel schmächtiger sind, und nicht mit einer breiten Kuppelfläche, sondern stumpf konisch endigen, und dass in gleichem Masse auch ihre Binnenblasen und die Siebold'schen Körperchen mehr in die Länge gestreckt sind (Fig. 71 bi_1), ohne dass etwa dadurch ein wirklicher Übergang zu den stiftartigen Gebilden angebahnt würde.

Minder auffallend als bei *Ephippigera* erschien mir diese Gestaltungsdifferenz bei *Thamnotrizon* (Fig. 71), wo es ganz den Anschein gewinnt, als ob die supratympanalen Blasen in der Weise allmählig in jene der Crista übergingen, dass dieselben, ohne an Länge erheblich einzubüssen, successive etwas breiter würden, und etwas Ähnliches scheint auch bei *Locusta* (Fig. 74 *Gr*) der Fall zu sein [1].

Auf die Grössenverhältnisse der Cristablasen übergehend, müssen wir zunächst bemerken, dass es ausserordentlich schwierig ist, ihre Anzahl ganz genau zu fixiren, und dies aus zwei Gründen. Einmal nämlich ist es (vergl. Fig. 71 und 74) nichts weniger als leicht, zu sagen, wo die Crista eigentlich anfängt, und beim unteren Ende derselben passirt es häufig, dass bei der Präparation einige der hier ungemein kleinen Blasen verloren gehen.

Aus dem Umstande übrigens, dass Siebold selbst die Zahl der Cristablasen auf 30 bis 45 angibt, und Hensen merkwürdiger Weise die letztere Zahl festhält, darf man schliessen, dass meine Vorgänger beim Zählen der Endorgane auf ähnliche Hindernisse stiessen.

Als grösste Anzahl derselben notirte ich mir bei *Ephippigera* ausser den 20 supratympanalen noch 28 intratympanale; so dass die Gesammtsumme der Siebold'schen Endkapseln mindestens 48 beträgt, während bei *Locusta* von mir an der eigentlichen Crista wenigstens 33 Blasen unterschieden wurden.

An Flächen- (Fig. 74) und noch schöner an Seitenansichten (Fig. 71) der Crista überzeugt man sich bald, dass die pallisadenartig hinter einander aufgestellten Blasen von oben nach unten allmählig an Grösse abnehmen. Indess gilt dies, was ich ausdrücklich hervorheben muss, keineswegs für die allerersten Endkapseln, die (vergl. z. B. Fig. 73 *EBl*) sehr merklich kleiner als die nächstfolgenden sind.

Durch sorgfältige Messungen bei *Locusta* glaube ich mich weiters noch überzeugt zu haben, dass die Breite der Endflächen an den obersten 5 bis 7 Blasen, wobei ich die vorhin erwähnten relativ kleineren am Anfange der Crista ausschliesse, keine merkliche Differenz erkennen lässt, und dass eine successive Verjüngung der ganzen Crista erst von der 8. oder 10. Blase an augenfällig wird.

Indem wir hinsichtlich der übrigen Grössenverhältnisse der Siebold'schen Endorgane auf Tabelle IV verweisen, mögen hier zunächst nur die folgenden Daten speciell hervorgehoben werden, die wir durch möglichst sorgfältige Messungen an einer frisch in Osmiumsäure untersuchten Crista von *Locusta* erhalten haben.

Länge des S. Körperchens an der untersten (?) oder 1. Blase (l_1): 0·0132 Mm.; Breite des Kopfes (b_1): 0·0045 Mm.
" " " " — 10. " (l_{10}): 0·0170 " ; " " " (b_{10}): 0·0076 "
" " " " — 20. " (l_{20}): 0·0190 " ; " " " (b_{20}): 0·0095 "
" " " " — 30. " (l_{30}): 0·0210 " ; " " " (b_{30}): 0·0111 "

Bildet man die Differenzen $l_{30}-l_{20}=0{\cdot}002$ ferner $b_{30}-b_{20}=0{\cdot}0015$
$l_{20}-l_{10}=0{\cdot}002$ $b_{20}-b_{10}=0{\cdot}0019$
und $l_{10}-l_1=0{\cdot}003$ und $b_{10}=b_1=0{\cdot}0031$

so ergibt sich zunächst, dass die Länge und noch auffallender die Breite der Siebold'schen Körperchen im untersten Drittel der Crista viel beträchtlicher als in den oberen zwei Dritteln derselben abnimmt, dass also diese Gebilde hinsichtlich ihrer Längendimensionen keineswegs eine arithmetische Reihe bilden. Zugleich ist zu ersehen, dass die Breite der Endkörperchen im oberen Theile der Leiste um weniger abnimmt, als ihre

[1] Mit der betreffenden Darstellung O. Schmidt's (Fig. 21 *de'*) können wir uns nicht einverstanden erklären.

Länge an derselben Stelle, dass also mit anderen Worten die oberen Körperchen relativ breiter als die unteren sind.

Eine Vergleichung der Werte l_1 und l_{30} einer- und b_1 und b_{30} andererseits sagt uns ferner, dass die Länge des untersten Körperchens ungefähr 1·6mal und die Breite 2·5mal geringer ist, als die entsprechenden Dimensionen des obersten Crista-Körperchens.

Dividirt man die Längendifferenz des obersten und untersten Crista-Körperchens im Betrage von 0·0078 Mm. durch die Zahl sämmtlicher Stifte (30), so erhält man einen mittleren Differenzbetrag von 0·00026 Mm., der so gering ist, dass man leicht begreift, warum man an den unmittelbar aufeinanderfolgenden Stiften keinen Grössenunterschied gewahr wird.

Hinsichtlich der Zunahme der Blasenendflächen von unten nach oben ergibt sich für die untersten 10 Blasen ein mittlerer Längsdurchmesser von 0·115, für die folgenden 10 von 0·0140 und für die 10 obersten der Betrag von 0·044 Mm.

Was die Grössenverhältnisse zwischen den birnförmigen Körperchen des Siebold'schen und der stiftförmigen des gabelförmigen Endorgans anlangt, so erscheint die Länge der letzteren bei *Locusta* völlig mit jener der ersteren am obersten Theil der Crista in Übereinstimmung, während ihre Breite mit der der birnförmigen Gebilde am untersten Leistenende zusammenfällt, oder anders ausgedrückt: während die birnförmigen Körperchen (am oberen Cristaende) circa nur 2mal so lang als breit sind, übertrifft die Länge der Stifte deren Breite nahezu um das Sechsfache, so dass also die letzteren relativ ungefähr 3mal schmächtiger als die Siebold'schen Gebilde erscheinen, und ein ähnliches Verhältniss ergibt sich auch hinsichtlich der sie umschliessenden Follikel.

Wie schon früher namentlich bei der Besprechung der Cristaquerschnitte des Näheren auseinandergesetzt wurde, wird die gesammte Endausbreitung des intratympanalen Sinnesnervs von einer besonderen cuticulären Haut bedeckt, die speciell an der Crista, wo sie eine Art Stützgerüste herstellt, eine wahrscheinlich auch physiologisch nicht unerhebliche Bedeutung erlangt.

Hier liegt uns zunächst noch ob, den Bau dieser Membran und deren Zusammenhang mit den übrigen Tympanalorganen einer näheren Betrachtung zu unterziehen.

Den gesammten Verlauf der Deckmembran zu verfolgen hat seine Schwierigkeiten, am leichtesten gelingt dies noch an längere Zeit in Alkohol gelegenen Präparaten, an denen namentlich die dickeren Partien (bei *Ephippigera* und *Locusta* schön roth) pigmentirt erscheinen.

Wie uns am deutlichsten Fig. 73 erkennen lässt, entspringt die fragliche Membran bereits in der Supratympanalregion, und zwar regelmässig mit zwei strangartigen Wurzeln, von denen die obere (R) aus der Basalmembran des Beinintegumentes (vgl. Fig. 63 *mt*) hervorgeht, während die weiter unten gelegene (S) mit der Glashaut der Trachea zusammenhängt. Kurz nach ihrem Ursprung entfalten sich die Deckmembranwurzeln zu einer flachen, anfänglich stark längsfaltigen Haut, wobei die obere zunächst die supratympanale Endblasengruppe (Fig. 74 R) wie mit einem Schleier überzieht, und erst im weiteren Verlaufe auf die intratympanale Nervenendausbreitung sich erstreckt, während die untere unmittelbar auf die Hinterseite der Crista übergeht.

Ganz entsprechend der geschilderten Entfaltungsart der Deckmembran sehen wir auch längs ihrer ganzen übrigen Ausdehnung (vgl. Fig. 55) die vordere Partie ($\zeta\varepsilon$) mit dem Integumente, die hintere dagegen ($\beta\varkappa$) mit der Trachea verknüpft.

Was das Verhalten der Deckmembran zur Crista anlangt, so ist dasselbe am anschaulichsten aus Fig. 74 zu entnehmen. Sie bildet über derselben eine Art Dach oder Gehäuse, bestehend aus einem vorderen und hinteren abschüssigen und etwas verdickten Streifen nebst einer die Crista von oben (aussen) bedeckenden Fläche, welche den einzelnen Endblasen entsprechende uhrglasartige Wölbungen oder Kuppeln besitzt.

Wenn, wie z. B. bei p in Fig. 74, einzelne Endblasen und die damit verwachsene Deckmembrankuppeln mit der Nadel von oben entfernt werden, so erhält die Aussenfläche des Stützgerüstes ein fächeriges Aussehen, indem zwischen den losgelösten Endfollikeln nur ganz schmale aber verhältnissmässig derbe Querspangen

übrig bleiben, welche brückenartig die vordere und hintere Abdachung der Deckmembran mit einander verbinden.

Wird die Crista von der Seite betrachtet (Fig. 71), so zeigen die aufeinanderfolgenden Kuppeln des Stützgerüstes die bekannte Wellen- oder besser Kerblinie, und scheint bei oberflächlicher Betrachtung zwischen den beiden seitlichen Stützlamellen (*v A* und *h A*) keinerlei Zusammenhang zu bestehen.

Am unteren verschmälerten Ende der Crista hört die Deckmembran derselben nicht sogleich auf, sondern setzt sich (*u*) noch eine Strecke weit darüber hinaus fort, um dann mit der Glashaut der Trachea zu verschmelzen.

Wie gleichfalls schon bei einer anderen Gelegenheit nachgewiesen wurde, schliesst sich die Deckmembran beiderseits der Crista keineswegs eng an die Trachea an, sondern es bleibt zwischen beiden Membranen ein grösserer Hohlraum (vergl. Fig. 55 u. 71*), der ausschliesslich nur von Blut erfüllt wird. Dass dem wirklich so sei, und dass wir es hier nicht etwa mit einer besonderen (Labyrinth-) Flüssigkeit (Hensen) zu thun haben, geht einmal daraus hervor, dass in derselben den Blutkörperchen ganz identische Formgebilde beobachtet werden (Fig. 71*) und noch sicherer aus dem Umstande, dass die Cristahöhle sowohl oben zwischen den Wurzeln der Deckmembran als auch längs ihres ganzen Verlaufes an der Vorderseite, dort wo der Nerv liegt, mit dem übrigen Beinhohlraum in Verbindung steht.

Entwicklung des Siebold'schen Organs.

Wie bei den Gryllodeen, bei welchen bekanntlich das supratympanale Endorgan schon in Entwicklungsstadien völlig entfaltet ist, wo noch keine Spur eines Trommelfelles bemerkt wird, so eilt auch bei den Locustinen die Differenzirung der eigentlichen Reizorgane jener der damit in Beziehung gedachten integumentalen Theile weit voran. Dass nämlich die Crista mit allen ihren wesentlichen Theilen bereits in den letzten drei Stadien vorhanden ist, kann man sich namentlich an grösseren Formen (*Locusta, Decticus*) mühelos überzeugen; es gelang mir aber auch, freilich erst nach vielem vergeblichen Präpariren, an Querschnitten dieses Organ bereits im allerersten Stadium, also unmittelbar nach Abwerfung der Eihülle nachzuweisen, wobei sich (vergl. Fig. 46 *h i*) herausstellte, dass dasselbe auch schon in dieser frühen Lebensperiode mit dem des Imago vollständig übereinstimmt.

Damit ist ist dieses Capitel wohl gänzlich erledigt, indem es schwerlich Jemanden gelingen dürfte, die Entstehung unseres Organs am Embryo näher zu studiren; es wäre denn, dass die Beine, in toto untersucht, einigen Einblick in die primäre Zelldifferenzirung gewährten.

II. Abschnitt.

Bau des tympanalen Sinnesapparates der Acridiodeen.

Der tympanale Sinnesapparat der Acridiodeen, wenigstens in der Weise, wie es bisher und in Übereinstimmung mit jenem der Diplogasteren aufgefasst wurde, setzt sich aus Gebilden derselben drei Organsysteme, wie bei den letztgenannten Orthopteren zusammen, wobei der Hauptsache nach nur die Lagerung derselben einige sehr wesentliche Unterschiede erkennen lässt.

Als äusserliche, dem Integument angehörige Tympanalgebilde haben wir wieder ein Trommelfell und mehrere accessorische Theile zu unterscheiden. Unmittelbar mit dem Tympanum verknüpft sind dann die nervösen Endorgane, welche gegen die freie Leibeshöhle zu von blasenartigen Anschwellungen des Tracheensystems begrenzt erscheinen.

Als eine ganz specifische Einrichtung ist dann bei den Acridinen noch ein innerlich am Trommelfellrahmen entspringender cuticulärer Fortsatz hervorzuheben, an dem sich ein Muskelstrang inserirt, welcher, seiner Lagerung und Beschaffenheit nach zu urtheilen, jedenfalls auf die Spannung des Trommelfelles Einfluss nimmt, und sohin gleichfalls als ein wesentliches Tympanalgebilde bezeichnet werden darf.

I. Die äusserlichen (integumentalen) Tympanalgebilde (Trommelfell, Trommelfellumgebung).

Bei der bedeutenden Grösse und exponirten Lage der Acridier-Trommelfelle ist es leicht begreiflich, dass sie verhältnissmässig weit früher und genauer bekannt wurden, als die Tympana der Diplogasteren.

Soviel ich bisher erfahren habe, dürfte Degeer als der Entdecker dieser Gebilde zu betrachten sein; mindestens verdanken wir diesem ganz ausgezeichneten Entomologen die erste und zwar für die damalige Zeit sehr genaue Beschreibung und bildliche Darstellung dieser Theile [1].

Auf jeder Seite des ersten Ringes am Hinterleibe, sagt er, unmittelbar über den Wurzeln der Hinterhüften, liegt (bei *Pachytylus migratorius* L.) eine grosse, ziemlich tiefe, eiförmige Öffnung (vergl. seine Fig. 2, Tab. 23), die zum Theile (von unten her!) durch eine ungleiche, platte, an den Rändern behaarte Lamelle (vergl. unsere Fig. 108 *uTL*) verschlossen wird.

Das Loch, welches die Lamelle nicht verdeckt, ist gewissermassen wie ein halber Mond. Auf dem Grunde dieser Öffnung befindet sich ein weisses, gespanntes, und wie ein kleiner Spiegel glänzendes Häutchen, welches die ganze Höhlung einnimmt. Auf der dem Kopfe zugewandten Seite desselben zeigt sich auch ein kleines ovales Loch.

Hebt man das Häutchen auf, so entsteht hier im Körper eine grosse Höhlung. Ich glaube, dass diese grosse Öffnung, die Höhlung und besonders das weisse Häutchen Vieles beitragen, den (durch Reibung der Schenkel an den Flügeldecken entstehenden) Schall zu verstärken und gleichsam die Resonanz desselben abgeben.

Wir fügen noch bei, dass die zugehörigen zwei Abbildungen Degeer's, makroskopisch genommen wenigstens, das Beste sind, was überhaupt bisher über diesen Gegenstand gezeichnet worden.

Auffallend erscheint es uns aber, dass Degeer bei den vielen übrigen Schnarrheuschrecken, die zur Besprechung kommen, diese Gebilde sonst nirgens mehr erwähnt.

Kirby und Spence [2], welche gleichfalls unseres Organs gedenken, beschreiben dasselbe „bei den gemeinen Grashüpfern“ als halbzirkelförmig und betrachten die untere Lamelle als „Fortsetzung von der Substanz der Bauchschiene.“ Im Übrigen scheint ihnen der ganze Apparat so genau der Trommel der Cicaden zu gleichen, dass man an seiner gleichen Bestimmung nicht zweifeln kann. Die durch die Reibung der Schenkel und Flügeldecken hervorgebrachten Schwingungen treffen auf dieses Trommelfell, werden von demselben zurückgeworfen und verstärken auf diese Art den Ton.

Im engen Anschluss an diese völlig irrige Ansicht bezeichnete Latreille [3] dasselbe geradezu als Organe musical, und Burmeister [4], obwohl mit den wahren Tonwerkzeugen unserer Thiere sehr gut vertraut, konnte sich von einer ähnlichen Auffassung gleichfalls nicht emancipiren, ja gab derselben noch mehr Wahrscheinlichkeit dadurch, dass er die Existenz eines das Trommelfell in Vibration versetzenden Muskels behauptete. Er schreibt: „Beim *Genus Acrydium* Latr. finden sich die tonerzeugenden Organe an der Basis des Hinterleibes, am ersten Segment desselben, eins an jeder Seite, gleich hinter dem ersten Stigma des Hinterleibes. In der freien Haut der hier befindlichen halbmondförmigen Grube liegt nahe dem Vorderrande ein kleines, braunes Hornstückchen, an welches sich inwendig ein feiner Muskel setzt, der zu einem Vorsprung der äusseren Hornschiene, welcher oberhalb und vor den Rändern des Stigmas liegt, hinüberläuft. Durch diesen kleinen Muskel wird die Haut während der den ganzen Körper mit sammt den Hinterbeinen erschütternden Flugbewegungen in Schwingungen versetzt und dadurch tönend.“

---

[1] Abhandlungen zur Geschichte der Insecten. Nach der deutschen Übersetzung von Joh. A. E. Götze. Bd. III, p. 305. Nürnberg 1804.

[2] Einleitung in die Entomologie. Bd. II, p. 448. Stuttgart 1824.

[3] Mémoires du Museum d'histoire nat. T. VIII, pag. 123.

[4] Handbuch d. Entomologie. Bd. 1, p. 512. Berlin 1832.

Was den letzterwähnten Muskel betrifft, so liegt hier keineswegs, wie v. Siebold meint, eine Verwechslung mit dem Tympanalnerv (Fig 124 *N*) vor, sondern der ganzen Darstellung nach eher eine solche mit dem Verschlussmuskel des Stigmas (vergl. unsere Fig. 124 *ad*).

Joh. Müller's[1] berühmte Untersuchungen hinsichtlich des Tympanalapparates der Acridiodeen (und zwar von *Poecilocerus hieroglyphicus*) beziehen sich bekanntlich im Wesentlichen nur auf die inneren nervösen Gebilde und werden später zur Sprache kommen; die äusseren Theile desselben beschreibt er ganz kurz aber sehr treffend als Aushöhlung der äusseren Bedeckung, welche von einer feinen, fast rhomboidalischen Membran geschlossen ist.

Die erste eingehendere und zugleich auch vergleichende Beschreibung der cuticulären Trommelfellgebilde stammt aber von Siebold[2] her, der gewissermassen auch als der Wiederentdecker dieser Organe angesehen werden muss.

Er schildert dieselben und zwar zunächst bei *Oedipoda coerulescens* folgendermassen: „Die Rückenhälfte des ersten Abdominalsegmentes besitzt an beiden Seiten einen eiförmigen Ausschnitt, in welchem eine eigenthümliche Haut wie ein Trommelfell ausgespannt ist.

Dieser Ausschnitt ist von einem hornigen Ringe eingefasst. Diese Einfassung, welche das Trommelfell ausgespannt erhält, ist nicht vollständig geschlossen, sondern bildet einen nach unten und vorne durchbrochenen Ring, der (an der eben genannten Stelle) eine fast dreieckige Verbreiterung bildet, in welcher die Öffnung des 3. Stigmenpaares liegt."

Siebold geht dann auf die Differenzirungen ein, welche die Trommelfelleinfassung bei einer Reihe von Acridiodeen zeigt, wobei ein grösserer oder geringerer Theil des Trommelfelles von oben und hinten her verdeckt wird.

„Unterhalb des Stigma, fährt Siebold dann fort, wird der Rand des Trommelfelles von einer kurzen, vorspringenden Leiste des Metathorax umgeben, die sich bei einigen Acridiern bogenförmig erhebt und bei *Oedipoda coerulans* z. B. so stark entwickelt ist, dass sie als ein halbmondförmiger Vorsprung von unten her den Eingang zum Trommelfelle verengert, während die Flügeldecken in der Ruhelage dasselbe meistens bis zur Hälfte und nur selten ganz verdecken."

Früher gänzlich unbekannte Aufschlüsse gibt uns Siebold über die am Trommelfell vorkommenden eigenthümlich geformten Verdickungen oder Hornstücke, wie er sie nennt.

Er unterscheidet davon: „ein kleines dreieckiges und ein grösseres ziemlich complicirt gebautes Gebilde von brauner Farbe. Das grössere, nahe am Vorderrande des Trommelfelles gelegene Hornstück besteht aus zwei ungleichen, in einem stumpfen Winkel zusammentretenden Schenkeln, von denen der kürzere nach oben, der längere dagegen nach unten und hinten gerichtet ist. Aus dem stumpfen Winkel dieser beiden, in ihrer ganzen Fläche mit dem Trommelfell verwachsenen Hornschenkel ragt ein kurzer, zungenförmiger Fortsatz frei in die Höhe (nach einwärts); er ist stark umgebogen und auf der hinteren Seite seiner breiten Basis stark ausgehöhlt."

Hinsichtlich der übrigen Beschaffenheit des als oval beschriebenen Trommelfelles von *Oedipoda* erwähnt dann Siebold noch die bräunliche Punktirung desselben, wenn man sie mit der Loupe betrachtet, die besonders an der vorderen Partie, sowie rings in einem weiten Bogen um das „dreieckige Hornstück" intensiver erscheint.

Siebold's entsprechende Abbildungen anlangend, wäre hauptsächlich nur auszusetzen, dass erstens der eigentliche Trommelfellrahmen nicht ersichtlich gemacht ist, und dass in seinen Figuren 2 und 3 (Taf. I) die Lage des Tympanalstigmas etwas zu weit nach unten gerückt erscheint.

Leydig's Untersuchungen über den tympanalen Sinnesapparat von *Oedipoda coerulescens* ergaben betreffs der integumentalen Theile wenig Neues, und seine Beschreibung des „zweischenkeligen Hornstückes" stellt sich zum Theil als nicht ganz zutreffend heraus. Er schildert dasselbe als eine „winkelig gebogene

---

[1] Zur vergleichenden Physiologie d. Gesichtssinnes, p. 439.

[2] A. a. O.

Querspange von etwas complicirter Natur". Der eine (obere) Arm (derselben) beginnt dünn, und indem er sich nach innen immer stärker emporwölbt, wobei er ausser den feinen Porencanälen auch die weiten besitzt, formt er einen dicken Wulst (zungenförmigen Fortsatz Siebold's), zu dessen Bildung übrigens auch der andere Arm der Spange, welcher breit und rinnenförmig ausgehöhlt ist, das Seinige beiträgt. Die Chitinsubstanz des mittleren Vereinigungshöckers bildet bienenwabenartige, 0·004‴ breite Räume, welche theils frei nach innen sich öffnen, theils in einem Umkreis von 0·036‴ geschlossen und mit Luft gefüllt erscheinen, was natürlich bewirkt, dass diese Partie als weissglänzender Fleck bei auffallendem Licht, und schwarzareolärer bei durchgehendem von der Umgebung sehr absticht.

Wir fügen gleich bei, dass derartige bienenwabenartige Eindrücke am erwähnten Mittelwulste bei keinem Acridier vorkommen, und dass die von Leydig gesehene zellartige Zeichnung von der diesen Chitinzapfen umhüllenden Hypodermislage herrührt.

Sehr genau ist Leydig's Darstellung hinsichtlich des „dreieckigen Trommelfellknopfes, der ein von zahlreichen feinen Porencanälen punktirtes und gestricheltes Aussehen hat."

Die weitaus zutreffendste Beschreibung des vorerwähnten Vereinigungshöckers verdanken wir Hensen, der sich gleichfalls, aber ohne „befriedigenden" Erfolg, mit unserem Organe beschäftigt hat.

„Er schildert das genannte Gebilde, und zwar von einer ungenannten, 3″ langen Schnarrheuschrecke von den Philippinen (vergl. seinen Tympanaldurchschnitt in Fig. 17, Taf. 10) als einen dickwandigen, von aussen her hohlen Höcker, der einen fingerförmigen, nach innen gerichteten und etwas abwärts (nach unten!) zum Nerven gebogenen Dorn bildet."

Auf die neueste, die „äusseren Gehörorgane" der Acridiodea betreffende Arbeit, herrührend vom bekannten Orthopterologen Dr. Brunner v. Wattenwyl, die mehr zu systematischen Zwecken verfasst, sehr erwünschte Aufschlüsse über die Verbreitung der Trommelfelle bei den Schnarrheuschrecken gibt, werden wir später noch zurückkommen; hier sei blos bemerkt, dass er drei Hauptformen von Trommelfellgebilden unterscheidet, nämlich das Tympanum apertum, das T. fornicatum und das T. clausum, dessen Entdeckung keineswegs, wie Brunner anzumerken sich bewogen fand, von mir, sondern von Siebold herrührt, während das T. fornicatum, wie wir gehört haben, bereits von Degeer beschrieben wurde. Auf dem Trommelfelle selbst erkannte Brunner „einen länglichen trüben Fleck, welcher unzweifelhaft mit dem Labyrinth in Verbindung steht [2]."

Die allgemeinen Lagerungs- und Gestaltverhältnisse der Trommelfellgebilde.

Um die Stelle, welche die abdominalen Acridier-Trommelfelle einnehmen, morphologisch genauer zu bestimmen, haben wir uns zunächst den Bau der das betreffende erste Hinterleibssegment begrenzenden Leibesringe, also des Metathorax und des zweiten Hinterleibsmetamers anzusehen. Der erstere (vergl. Fig. 101) setzt sich bekanntlich zusammen aus zwei unpaaren oder mediären Platten, Rücken- und Brustschiene und aus zwei Paaren lateraler schief nach hinten gerichteter Theile, den sogenannten Weichen, von welchen die hintere Platte, das Epimerum (em_3) durch einen seitlichen dem Abdomen zugekehrten beilförmigen Fortsatz (F) in enge Beziehung zum trommelförmigen Organ tritt. Die Hinterleibsringe unterscheiden sich vom genannten Thoraxsegment insoferne, als hier die Seitentheile mit der eigentlichen Rückenplatte zu einem gemeinsamen ungetheilten Halbringe, der sogenannten Dorsalschiene, verwachsen sind, während die letztere von der Ventralplatte durch eine schmale elastische Gelenkshaut getrennt wird, die sich bei der Exspiration in Folge der Contraction der sogenannten Dorso-Ventralmuskeln faltenartig nach innen einschlägt.

Die Stigmen liegen hier nicht, wie das anderwärts z. B. bei den Diplogasteren vorkommt, in der bezeichneten (ventralen) Gelenkshaut selbst, sondern am unteren Rande der Seitentheile, und zwar am 2. Ring nahe am Vordersaume derselben (vergl. Fig. 101 bis 105 und Fig. 111 *a*).

---

[1] A. a. O.

[2] Auch O. Schmidt's Untersuchungen werden gelegentlich zur Sprache kommen.

Bei manchen Acridiodeen, weitaus am deutlichsten bei den trommelfelllosen Formen z. B. *Paramycus viaticus* Serv. (Fig. 119), ist übrigens auch an den vordersten zwei Adominalmetameren (r_1 und r_2) eine scharfe Sonderung zwischen rücken- und stigmentragender Seitenplatte (a_1 a_2) bemerkbar, und rechtfertigt unsere Auffassung, nach welcher der untere das Luftloch enthaltende Abschnitt der sogenannten Dorsalschiene ganz allgemein als ein besonderer den Weichen des Thorax entsprechender Abschnitt zu nehmen ist.

Der erste die beiderseitigen Tympana tragende Abdominalring erscheint im Vergleiche zu den übrigen insoferne etwas modificirt, als hier die Seitentheile durch die schief nach hinten gekehrten lateralen Platten des Metathorax um ein Beträchtliches verkürzt erscheinen, und dass ihm ferner eine selbständige ventrale Gelenkshaut abgeht, da dieselbe mit jener des Metathorax zur Bildung der Kapselmembran (Fig. 101 *M*) für das Nussgelenk der Hinterhüften (*Co*) verschmolzen ist.

Entsprechend der durch die Extremitäteninsertion nothwendig gewordenen Verkürzung des Seitenabschnittes der ersten Hinterleibsrückenschiene erscheint auch das Stigma derselben (Fig. 103 a_1) gegen jenes des zweiten Segmentes höher nach oben gerückt, und das Gleiche gilt für das unmittelbar dahinter gelegene Trommelfell, welches sich sonach als eine homotype Bildung des zwischen dem zweiten und dritten Abdominalluftloch gelegenen trommelfellartigen Organs der Gryllodeen erweist.

Ein vom bisher geschilderten beträchtlich abweichendes Lagerungsverhältniss der Trommelfellgebilde spricht sich bei dem den Tettigiden nahe stehenden *Chrotogonus lugubris* Blanch. insoferne aus, als dieselben hier verhältnissmässig der Rückenseite viel näher gerückt sind, woher es kommt, dass die betreffende Seitenplatte auch unterhalb derselben noch eine beträchtliche Ausdehnung zeigt. Dasselbe zeigt sich auch bei *Tropidonotus discoidalis*, wo es ganz und gar den Anschein hat, als ob die ventralwärts vom Tympanum gelegene, allerdings mit dem Epimerum des Metathorax innig verschmolzene Platte als Fortsetzung der Seitenplatte des Tympanalsegmentes betrachtet werden müsste, die sich gemeinschaftlich mit den Weichen der Hinterbrust an der Bildung des Hüftgelenkes betheiligt, um dann im weiteren Verlaufe auf die erste mit der Brust verwachsene Hinterleibsventralschiene überzugehen.

Übergehend auf die Gestaltungsverhältnisse der integumentalen Trommelfellgebilde wollen wir uns eine vorläufige Übersicht über die wesentlichsten Theile derselben verschaffen.

Am einfachsten gestaltet sich der äussere Bau des Tympanalorgans bei den meisten jener Formen, welche mit völlig offenen Trommelfellen ausgerüstet sind.

Als Repräsentanten derselben mag uns die mexikanische *Rhomalea centurio* Stoll. dienen.

Hier ist das Trommelfell seiner ganzen Beschaffenheit und beträchtlichen Grösse wegen (es misst in der Länge gegen 4 Mm.) sehr in die Augen springend. Es erscheint (vergl. Fig. 111) als eine scharf umschriebene, äusserst zarte und stark spiegelnde Membran von unregelmässig länglich elliptischer Gestalt, welche den grössten Theil der Seitenplatte einnimmt, indem vor und hinter denselben nur ein ganz schmaler Raum übrig bleibt, während sie nach oben fast den Grenzstrich zwischen Rücken- und Seitenlamelle erreicht. Dabei ist die Längsaxe derselben keineswegs parallel mit den lateralen Gelenksnähten (*pq* und *mn*) der betreffenden Schiene, sondern neigt sich unter einem Winkel von etwa 30° nach vorne, indem sich das Trommelfell in dieser Richtung enge an die Weichen des Thorax anschliesst.

Rings um die glashelle Trommelfellmembran zieht sich, und zwar äusserlich, ein fester schwärzlicher Wulst, die Trommelfelleinfassung, welche in der Mitte ihres Vorderrandes stark in das Trommelfell vorspringt, wodurch letzteres fast eine nierenartige Gestalt erlangt. Auf diesem ungefähr dreieckigen Feld des Trommelfellwulstes erhebt sich eine schon mit freiem Auge deutlich bemerkbare höckerartige Anschwellung mit einer spaltförmigen Öffnung, dem Tympanalstigma (a_1), weshalb wir die genannte Partie künftig kurzweg als tympanales Stigmenfeld bezeichnen werden.

Etwas complicirter gestalten sich die Tympanalgebilde bei jenen Formen, wo sich das Trommelfell, in Folge stärkerer Wucherung seiner Einfassung, tiefer in die Körperflanken einsenkt. Als Typus dieses Verhaltens kann uns *Acridium, Caloptenus, Oedipoda* u. s. w. dienen.

Bei *Acridium tartaricum* (Fig. 116) zeigt die Seitenplatte des ersten Hinterleibsringes, wir wollen sie der Kürze halber die tympanale Seitenplatte nennen, in ihrem untersten durch das Hüftgelenk begrenzten Abschnitt einen eigenthümlichen, nahezu hufeisenförmigen Ausschnitt, dessen Längsrichtung etwas schief von vorne und unten nach hinten und oben gerichtet ist. Am zugeschärften Rand dieses Ausschnittes unterscheide ich die obere gebogene Partie als obere Trommelleiste (*oTL*), die beiden Schenkel desselben dagegen als vordere und hintere Trommelfellleiste (*vTL* und *hTL*), die aber continuirlich in die erstgenannte Randpartie übergehen. Die untere Seite des hufeisenförmigen Ausschnittes ist keineswegs offen, sondern erhält ihren Abschluss durch den bereits oben erwähnten hinteren Fortsatz des Epimerums, den wir als Tympanalfortsatz aufführen, und der zwischen den Enden der vorderen und hinteren Tympanalleiste einen Querbalken (vergl. auch Fig. 109) herstellt, der zweckmässig als untere Trommelfellleiste (*uTL*) bezeichnet werden mag, obwohl er, wie wir gleich beisetzen wollen, nicht selten eine ganz abweichende Gestalt annimmt.

Der beschriebene hufeisenförmige Ausschnitt der tympanalen Seitenplatte von *Acridium* ist die äussere Öffnung einer taschenartig in die Körperseite sich einsenkenden Grube (Trommelfelltasche), deren ganz ebener Boden vom Trommelfell gebildet wird, an das sich gegen die Vorderecke des erwähnten Ausschnittes zu das viereckige Stigmafeld mit seinem Höcker (a_1) anschliesst.

Wie die Entwicklungsgeschichte uns lehrt, kommt die Trommelfelltasche dadurch zu Stande, dass sich das anfänglich in der Ebene der Seitenplatte gelegene, also offene Trommelfell nach oben und hinten zu allmählig immer tiefer in den Leib einsenkt, während die obere und hintere Umgebung desselben gleichzeitig, je nach den verschiedenen Formen, mehr oder weniger über das in die Tiefe sich neigende Tympanum herüberwächst oder dasselbe überwölbt.

Die beste Vorstellung über dieses letztere Verhalten geben uns Querschnitte, welche, in der Richtung einer Querebene des Körpers geführt, die beiderseitigen Tympana der Länge nach durchschneiden.

Den grösseren dorsalen und lateralen Theil eines solchen von *Stetheophyma grossum* L. sehen wir in Fig. 125 dargestellt, und bemerken, wie die Lateralplatte nach innen gewölbartig sich einstülpt, um dann, nachdem sie den tiefsten Punkt (*p*) erreicht hat, als Trommelfell (*pq*) sich wieder schief nach aussen zu wenden.

Bei *Acridium tartaricum* und verwandten Formen ist diese Duplicatur des das Trommelfell zunächst umgebenden Integumentes derartig gestaltet, dass sie von oben her etwa ein Viertel des in der Tiefe der Trommelfelltasche gelegene Tympanum überwölbt, um sich dann nach hinten zu immer steiler und steiler aufzurichten, ja sogar ein wenig nach hinten sich umzustülpen, so dass an dieser Seite das Trommelfell dem Auge ganz offen daliegt. Untersucht man letzteres genauer, so zeigt sich (*Pachytylus stridulus*, *Stauronotus* u. s. w.) am deutlichsten um den oberen und hinteren Rand desselben eine ganz schmale schwärzlichbraune Linie, der von den bisherigen Forschern unbeachtet gelassene eigentliche Trommelfellrahmen.

Am deutlichsten erscheint derselbe, wenn man die früher in Kalilauge gekochte Trommelfelltasche von ihrer inneren, der Leibeshöhe zugewendeten Seite betrachtet.

Hier (vergl z. B. die betreffende Ansicht von *Oedipoda coerulescens* in Fig. 121) erscheint das Trommelfellgewölbe (*TG* und *TG*[1]), und dasselbe Bild gewähren uns Wachsabgüsse dieser Theile, als ein ziemlich breiter halbmond- bis hufeisenförmig gekrümmter reifartiger Vorsprung des Integumentes, an dessen freiem Rande das schief ausgespannte Trommelfell sich in ganz analoger Weise befestigt, wie das Tympanum gewisser Säuger, an dem inneren Knochenringe der Paukenhöhle.

Die Membran des Trommelfelles geht aber nicht unmittelbar in das Tromelfellgewölbe über; dasselbe erscheint vielmehr von diesem durch den oben angedeuteten schmalen Rahmen (*R*) scharf abgesetzt, während die früheren Forscher die gesammte Einfassung des Tympanums als Trommelfellrahmen zu deuten scheinen.

In ganz ähnlicher Art wie am Tympanum der Diplogasteren erscheint dieser Rahmen auch bei den Acridiodeen als ein nach innen gerichteter leistenartig verdickter aber ungleich schmälerer Saum des Trommelfelles, der sich an Querschnitten (vergl. Fig. 102) als ein kleines nach innen gekehrtes Knötchen (*R*) zu erkennen gibt.

Ähnliche Präparate (vergl. z. B. Fig. 110* von *Tropidonotus*[1] *cinnamomeus*) lehren uns ferner noch, dass der Trommelfellrahmen keinen continuirlichen Ring bildet, sondern, wie bereits Siebold andeutete, am unteren Rande des Trommelfelles unterbrochen ist. Ein theilweiser Ersatz für den hier fehlenden Rahmentheil wird übrigens durch die untere Trommelfellleiste (*uTL*) geboten, die sich aber schon dadurch als kein integrirendes Segment des strenge so zu nennenden Tympanalrahmens erweist, als sie, wie erwähnt, nicht nach innen, sondern nach aussen gewendet ist.

Zwischen dem unteren Ende (*u*) des eigentlichen Rahmens und dem Hinterende der bezeichneten accessorischen Bildung bleibt übrigens stets ein kleinerer oder grösserer meist furchenartiger Zwischenraum, der zugleich die Spitze des ovalen Tympanums bezeichnet.

Wir gehen nun auf die Detailschilderung über.

Trommelfell.

Beschaffenheit. Dem unbewaffneten Auge erscheint das Trommelfell der meisten Acridiodeen als eine sehr scharf von der Umgebung abgesetzte, von den gewissen charakteristischen Anschwellungen desselben zunächst abgesehen, in ihrer ganzen Ausdehnung gleichmässig zarte, spiegelglatte und ebene Membran, ungefähr vom Aussehen einer dünnen Gypslamelle.

Besieht man sich aber das Trommelfell mit einer Loupe etwas näher, so stellt sich die Beschaffenheit desselben insoferne etwas anders dar, als das vordere, hinten durch das sogenannte zweischenkelige Körperchen begrenzte Feld (Fig. 124 *V*) sich als unmittelbare Fortsetzung des umgebenden Integumentes erweist.

Am deutlichsten tritt dies aber erst dann hervor, wenn man das früher in Kalilauge gekochte Trommelfell bei stärkerer Vergrösserung betrachtet.

Man sieht jetzt, dass die genannte Tympanumpartie von ähnlichen, dem Vorderrand des Tympanums parallellaufenden und ziemlich derben Rippen oder Falten durchzogen wird, wie wir sie an derberen Chitinlagen sehr häufig beobachten, und dass diese, sowie die dazwischen liegenden Integumentfurchen über und über mit kleinen gelblichbraunen Dörnchen besät sind. So verhält es sich z. B. bei *Chorophystes* (Fig. 118*), *Tropidonotus* (Fig. 110), *Caloptenus, Oxya* (Fig. 118), *Tryxalis, Oedipoda* (Fig. 120). Sehr schön ist der Übergang der Trommelfellmembran in jene der Umgebung namentlich bei *Pezotettix pedestris* zu sehen, wo nach unten, gegen die hier fehlende Leiste des Tympanums, gar keine bestimmte Grenze zu erkennen ist.

Aber auch der übrige weitaus grössere Tympanumabschnitt (hinteres Tympanumfeld) ist in der Regel keineswegs völlig glatt; der Unterschied im Vergleiche zur vorderen Partie besteht vielmehr nur darin, dass hier die Faltenzüge gänzlich fehlen, und dass die vorerwähnten dornartigen Rauhigkeiten von vorne nach hinten gehend, allmählig so klein und zart werden, dass man sie in der Regel nur mit den stärksten Linsen nachzuweisen vermag.

Das weitaus glatteste Trommelfell besitzt nach meinen bisherigen Erfahrungen *Rhomalea*, wo ich an der hinteren Partie keinerlei Rauhigkeiten zu entdecken vermag, während sich das derbere Vorderfeld (Fig. 111 *V*) ganz normal verhält.

Besonders interessant erscheint mir in dieser Richtung das Tympanum der riesigen *Tropidacris cristata*, wo das vordere Feld dicht mit langen und sehr derben Haaren besetzt ist, deren Gelenksringe man auch hie und da im hinteren sonst relativ sehr glatten Tympanumtheile wahrnimmt, so dass man wohl nicht länger daran zweifeln kann, dass das Trommelfell der Acridiodeen nicht eine ganz aparte Bildung, sondern nur ein modificirte und bei manchen Formen wahrscheinlich noch in der Modification begriffener Integumentabschnitt sei. In letzterer Beziehung denken wir speciell an die Tympana von *Poecilocera* (Fig. 114) und *Chrotogonus lugubris* (Fig. 120), welche auch in

---

[1] Muss bemerken, dass mir an der Aufstellung dieses schon längst bei den Reptilien vergebenen Gattungsnamens keine Schuld zufällt.

anderer Beziehung sehr auffallend vom typischen Verhalten abweichen und ausserdem, namentlich bei der letzteren Form, eine verhältnissmässig sehr rauhe, mit rundlichen Schüppchen übersäte Oberfläche besitzen (Fig. 123*).

Nach dem bisher Mitgetheilten wird es auch nicht befremden, wenn wir das vordere derbe Tympanumfeld der Acridier mit der sogenannten elliptischen Tympanumanschwellung der Laubheuschrecken und mancher Gryllodeen vergleichen und zugleich der Vermuthung Raum geben, dass wir es hier mit eigenthümlichen Anpassungsformen zu thun haben [1].

Zunächst wollen wir nun ein paar Worte über die Matrix des Trommelfelles beifügen.

Nach Leydig's Zeichnung (vergl. Fig. 16) wäre dieselbe nur beschränkt auf das vordere derbere Tympanalfeld, sowie auf eine das sogenannte birnförmige Körperchen kreisförmig umschliessende Zone.

Wie man aber am besten an versilberten oder mit Oxalsäure behandelten Trommelfellen erkennt, ist das gesammte Tympanum von einer Lage flacher polyëdrischer Zellen bedeckt, deren (bei *Rhomalea* 0·027 Mm.) grosse helle Kerne sehr scharf hervortreten (Fig. 136 *Ma*).

In einer Beziehung sehr eigenthümlich verhält sich die gelblichbraune oder (z. B. *Chrysochraon*) intensiv karminrothe Pigmentirung der Tympanum-Matrix; dass dieselbe an der derben vorderen Trommelfellpartie, sowie an den gewissen Verdickungen am stärksten sei und mit dem Dünnerwerden des Trommelfelles allmählig verblasse, ist leicht begreiflich; wir beobachten aber in einem weiten Umkreis um das birnförmige Körperchen (Fig. 120 *o*) gleichfalls eine stärker pigmentirte Matrixzone, obgleich die betreffende Cuticula nicht minder zart erscheint wie die nächste fast ganz pigmentlose Umgebung dieser ausgezeichneten Stelle.

In völliger Übereinstimmung mit der Pigmentverbreitung zeigt sich auch die Färbung des Trommelfelles. Es erscheint nämlich — wir beziehen uns hier speciell auf Beobachtungen von *Parapleurus typus*, *Oedipoda* (Fig. 120) und *Stauronotus* — beim lebenden Thier und bei auffallendem Lichte das vordere Tympanumfeld bräunlichroth, und dieselbe Farbe zeigt die vorerwähnte Kreiszone des birnförmigen Körperchens, während alle übrigen Partien und zwar auch nach Entfernung aller inneren Weichtheile weisslich, bei *Stauronotus* zum Theil milchartig gefärbt sind

Die Elasticität des Trommelfelles betreffend, so machen wir zunächst nur auf die Beobachtungen an lebenden Thieren aufmerksam, nach welchen das Tympanum an den rythmischen Bewegungen der unmittelbar darunter liegenden Tracheenblasen Theil nimmt, wobei die Excursionsweite der Membran in der Mitte derselben bei grösseren Formen höchstens einen Millimeter betragen dürfte, während man dieselbe durch künstlichen Zug leicht auf 2 Mm. bringen kann.

Schliesslich machen wir noch darauf aufmerksam, dass die Trommelfelle der Acridier so wenig wie jene der Diplogasteren völlig eben sind. So gewahrt man (z. B. *Pachytylus*, *Caloptenus*) gewöhnlich, am besten mit freiem Auge, eine mit der Längsaxe des Tympanums zusammenfallende seichte Einsenkung desselben (Fig. 129), der sich, z. B. bei *Cucculligera* (dieselbe Figur), noch anderweitige Unebenheiten beigesellen.

Form und Stellungsverhältnisse. Die Gestaltverhältnisse der Acridier Trommelfelle sind im Ganzen nur geringen Schwankungen unterworfen, und die auffallenderen darunter beziehen sich auf einige Familien, die auch in anderer Beziehung eine gewisse Ausnahmsstellung beanspruchen.

Bei der überwiegenden Mehrheit der Schnarrheuschrecken zeigen die Trommelfelle den Umriss eines Ovales, dessen Ober- und Hinterrand (vergl. die mit der Camera luc. entworfenen Trommelfellbilder von *Tropidonotus* Fig. 110*, *Stauronotus* Fig. 124, *Oedipoda* Fig. 121, *Cucculligera* Fig. 130) eine äusserst regelmässig gekrümmte Contour besitzt, während der Vorderrand mehrfache, wenn auch nur geringfügige Aus-

---

[1] Das Ganze als acustisches Organ angenommen, könnte die stärkere Massenentfaltung des vorderen Tympanumfeldes einerseits dazu geeignet erscheinen, die Schwingungen der gespannten Membran zu dämpfen, und andererseits ihnen einen grösseren Nachdruck zu geben. Hier bemerken wir noch, dass das Trommelfell nicht, wie O. Schmidt behauptet, aus zwei separaten Schichten besteht. Es ist eine gewöhnliche Cuticula von lamellärer Zusammensetzung.

kerbungen hauptsächlich in der Nähe des Tympanalstigmas erkennen lässt. Dabei fällt die grösste Breite, die wir als Queraxe bezeichnen wollen, ungefähr in die Mitte des Ovales.

Um die Gestalt der Tympana genau zu bestimmen, müssten selbstverständlich die Dimensionsverhältnisse der mit der Hellkammer entworfenen Bilder, wenigstens jene zwischen Längs- und Queraxe in Zahlen ausgedrückt werden, ein Unternehmen, das auf möglichst viele Formen ausgedehnt, möglicherweise nicht uninteressante Daten liefern dürfte.

Nach den wenigen von uns ausgeführten Messungen stellt sich das Verhältniss zwischen Längs- und Queraxe in der Regel wie 7:4 (z. B. *Stauronotus*), und wir bezeichnen in unserer nachstehenden Tabelle III Trommelfelle, wo die Queraxe verhältnissmässig grösser ist, als breit-, und jene, wo die Querdimension geringer ausfällt, als länglichoval.

Relativ breit oval erscheinen namentlich die Trommelfelle von *Chrysochraon, Parapleurus, Pezotettix* und *Tryxalis nasuta,* während unter anderem *Tropidacris* und *Tropidonotus* das andere Extrem bezeichnen.

Von Acridiern mit vom angegebenen Typus stärker abweichenden Trommelfellen haben wir bisher nur vier kennen gelernt.

Zwei davon, nämlich *Oxya* (Fig. 118) und *Chrotogonus lugubris* (Fig. 123), haben ein nahezu kreisförmiges Tympanum, während das schon früher beschriebene Trommelfell von *Rhomalea* (Fig. 111) länglich elliptisch und jenes von *Poecilocera* (Fig. 114) fast dreieckig erscheint.

Man darf vermuthen, dass hinsichtlich der Gestalt des Trommelfelles noch manche andere Variationen vorkommen dürften, und erlauben wir uns, spätere Forscher speciell auf die durch offene Tympana ausgezeichneten grösstentheils exotischen Formen aus der Familie der Pamphagiden, Phymatiden, Eremobiden, Ommaxechiden und Xiphoceriden aufmerksam zu machen, von welchen mir leider so viel wie nichts für meine anatomischen Untersuchungen zu Gebote stand. Wir wenden uns nunmehr zu den Stellungsverhältnissen der Trommelfelle. Wie schon oben angedeutet worden, sind dieselben in der Regel gegen die seitliche Körperfläche mehr oder weniger geneigt. Um die Stellung der Tympana scharf zu kennzeichnen, wäre es nothwendig, die Winkel anzugeben, welchen sie einerseits mit der mediären Längs- (Fig. 102 α) und andererseits mit der Querebene des Körpers bilden. In der nachfolgenden Tabelle haben wir die ersteren nach einer ungefähren Schätzung eingetragen, einzig und allein zu dem Zwecke, die Verschiedenartigkeit der Trommelfelle in dieser Richtung zum übersichtlichen Ausdruck zu bringen und zu genaueren Beobachtungen hierüber anzuregen, wozu übrigens ein eigener kleiner Messaparat construirt werden müsste.

Als Beispiele ziemlich genau in die Lateralebene fallender und zugleich völlig unbedeckter oder offener Tympana nennen wir jene von *Tropidacris, Poecilocera, Rhomalea, Pezotettix* und *Chrotogonus.*

Eine verhältnissmässig geringe Neigung oder Abschüssigkeit (von 5—20° betragend) besitzen die Trommelfelle von *Chorophystes* und *Oxya,* an welche sich (mit circa 20—30°) jene von *Coloptenus, Parapleurus, Oedipoda* u. s. w. anreihen, während sich die Tympana von *Pachytylus, Paracinema, Stetheophyma* und *Acridium* (Fig. 116) schon tiefer (bis zu 50°) in den Leib einsenken. Auffallend stark ist die Neigung der Trommelfelle bei den meisten *Stenobothrus-* und *Gomphocerus*-Arten, vor Allem aber bei *Stauronotus cruciatus,* wo sie sich fast quer auf die Seitenfläche stellen.

Während bei der grösseren Mehrheit der Acridier die Trommelfelle ungleich stärker von vorne und aussen nach hinten und innen als von unten und aussen nach oben und innen sich neigen, finden wir eine Ausnahme hievon unter anderem bei *Stenobothrus pratorum* (Fig. 109), wo dieselben hauptsächlich nur in der letzteren Richtung vertieft erscheinen.

Grössenverhältnisse. Wenn man, wie wir das in unserer Tabelle gethan haben, die beobachteten Thiere nach ihrer Körperlänge ordnet, so spricht sich in der Columne, welche die Grössendimensionen der Tympana enthält, im Allgemeinen allerdings eine stufenweise Ab-, respective Zunahme aus; indessen finden sich so viele Abweichungen von diesem ganz selbstverständlich erscheinenden Zusammenhang zwischen Körper- und Trommelfellgrössen, dass man nicht länger mehr daran wird zweifeln können, dass gewisse Formen relativ grössere und andere relativ kleinere Tympana besitzen, wobei das

Grössenverhältniss keineswegs immer durch jenes der entsprechenden Seitenplatte bedingt wird. Als Verhältnissquotient zwischen der Körper- und Tympanumlänge stellt sich bei der weitaus überwiegenden Mehrheit der von uns untersuchten grösstentheils einheimischen Formen die Zahl 10 bis 12, und im Mittel die Zahl 13 heraus. Während aber die genannte Verhältnisszahl nur selten und niemals erheblich tiefer sinkt, so z. B. bei *Rhomalea* auf 10, bei *Pachytylus* und *Epacromia* nur auf 11, beobachten wir ungleich häufiger grössere Werthe, respective relativ kleine Tympana, z. B. bei *Chorophystes*, *Poecilocera* und *Chrysochraon.*

Ein geradezu winziges, ja gegen die übrigen gleich grossen Thiere fast verschwindend kleines Tympanum, zeichnet die den Tettigiden nahe stehende *Chrotogonus lugubris* aus Congo aus, indem dasselbe nur 0·35 Mm. misst, während das Tympanum von *Stenobothrus viridulus,* welche um 2 Mm. kürzer als die bezeichnete Form ist, immer noch 1·5 Mm beträgt.

Das zuletzt angeführte Verhalten gibt uns zugleich den deutlichsten Fingerzeig, dass die Erforschung der Grössenverhältnisse dieser Theile keine unnütze Sache sei, da man doch annehmen muss, dass derartige stark von der Norm abweichende Fälle, wo nicht in phylogenetischer, so doch mindestens in physiologischer Beziehung einer besonderen Erklärung bedürfen, und sonach den Kreis der wissenschaftlichen Fragen erweitern.

Trommelfellkörperchen.

So bezeichnen wir die für das Acridier-Tympanum charakteristischen, eigenthümlich gestalteten, meist in der Zweizahl vorhandenen Verdickungen desselben, die man, im gewissen Sinn wenigstens, als besondere Trommelfellgebilde ansprechen darf, und die von ihrem Entdecker Siebold als zweischenkeliges und dreieckiges Hornstück beschrieben wurden.

Wie sich zeigen wird, sind diese Protuberanzen der chitinösen Trommelfellmembran, bei einer im Ganzen zwar völlig übereinstimmenden Anlage, doch nicht unbedeutenden Formschwankungen unterworfen, die sich bei manchen exotischen Formen soweit steigern, dass selbst die Homologie dieser Theile fraglich werden kann.

Das zweischenkelige Körperchen. Nahe dem Tympanalstigma bemerkt man auf der entsprechend präparirten glashellen Trommelfellmembran einen kleinen, dunkelbraunen, meist etwas länglichen zapfenförmigen Höcker (Fig. 111 *za*), von dem zwei längliche, gleichfalls dunkelgefärbte und mit dem Trommelfell innig verwachsene Fortsätze entspringen, die miteinander einen stumpfen, ungefähr 150° betragenden Winkel einschliessen, an dessen Scheitel eben das genannte Höckerchen liegt.

Diese beiden Fortsätze, von denen der eine nach oben, der andere nach unten gerichtet ist, und die in ihrer Vereinigung mit dem zapfenförmigen Gebilde das zweischenkelige Körperchen zusammensetzen, weichen hinsichtlich ihrer Form sehr wesentlich von einander ab.

Der untere Schenkel, mit dem wir uns zunächst beschäftigen, zeigt bei der Mehrzahl der Acridier ziemlich eine und dieselbe Form. Er stellt (*Rhomalea,* Fig. 111; *Tropidonotus,* Fig. 110*; *Stauronotus,* Fig. 124; *Pachytylus,* Fig. 136; *Pezotettix,* Fig. 126 *ri*) eine inwendig rinnenartig vertiefte, wie seine bräunliche Färbung zeigt, ziemlich derbe Platte vor, die gegen das untere Ende zu sich allmählig verschmälert und zu beiden Seiten leistenartig nach innen vorspringt.

Dass dieses eigenthümliche Gebilde inwendig ausgehöhlt, gegen die Aussenseite des Trommelfelles zu also convex ist, erkennt man am besten, wenn man die externe Oberfläche des letzteren mit freiem Auge oder mit der Loupe bei auffallendem Lichte recht scharf beobachtet. Es zeigt sich dann (vergl. die Tympana von *Acridium* und *Stenobothrus pratorum* in Fig. 116 u. 109 *ri*) auf der ebenen Trommelfellmembran ein länglicher, in der Mitte fast buckelig sich erhebender Vorsprung, der an Wachs- oder Schwefelabgüssen in Gestalt einer länglichen Grube erscheint.

Um die leistenartige, innere Umrahmung unseres Gebildes deutlich zu sehen, muss es früher in Kalilauge gekocht und bei stärkerer Vergrösserung angesehen werden.

Scharf ausgesprochen erscheint besonders die hintere Leiste (Fig. 107, 116, 126 *h* und 136), welche als ein breites Band unmittelbar aus dem zapfenförmigen Höcker hervorgeht und gegen ihr Ende zu sich successive verschmälert. Dabei sind ihre Ränder wie bei *Oedipoda*, *Pachytylus* u. s. f. entweder sehr scharf markirt oder es bildet der vordere Saum, ausgezeichnet zu sehen bei *Pezotettix*, eine mehr unregelmässige, ausgeschweifte Linie.

Die vordere Leiste (Fig. 107* und 136*v*) ist, wo sie überhaupt zur Ausbildung gelangt, mindestens dreimal schmäler und auch weniger hoch als der hintere Rahmen und ihrer ganzen Länge nach nahezu von gleicher Stärke.

Nicht selten, so z. B. bei *Pezotettix* (Fig. 126) erscheint aber das in Rede stehende Gebilde nach vorne keineswegs scharf abgegrenzt, sondern bietet einen ganz ähnlichen, ausgefressenen Rand dar, wie wir ihn an der elliptischen Anschwellung der Locustinen-Tympana kennen gelernt haben.

An den letzterwähnten Körpertheil erinnert übigens der untere, oder wie wir ihn künftig kurz nennen wollen, rinnenartige Abschnitt des zweischenkeligen Körperchens des Acridier-Trommelfelles auch insoferne, als er in der Regel gleichfalls einzelne oder (*Tropidacris*) sehr zahlreiche Haare trägt, die aber z. B. bei *Pezotettix* im Vergleich zu jenen der Trommelumgebung beträchtlich abgestumpft erscheinen. Bei *Pezotettix* und *Platyphyma* erscheint zudem das ganze Gebilde verhältnissmäsig sehr breit, fast schaufelartig, und bildet gewissermassen den Übergang zu dem eigenthümlichen Verhalten bei *Cuculligera*, das später geschildert werden soll.

Ein sehr anschauliches Bild über das Verhalten der rinnenartigen Trommelfellanschwellung geben senkrecht auf dasselbe durch das Tympanum geführte Schnitte, wie wir einen solchen, etwas schematisirt, in Fig. 110 (am meisten auf *Tropidacris* passend) dargestellt haben.

Wir sehen hier, von *a* bis *v*, das vordere derbe, dicht behaarte Tympanumfeld (*V*), an dieses sich anschliessend den bogenförmig nach aussen vorspringenden Querschnitt durch das rinnenartige und (was durch die Schattirung angedeutet ist) verhältnissmässig derbe und deshalb bräunlich erscheinende Gebilde, mit dem vorderen schmäleren (*v*) und dem hinteren breiteren, leistenartigen, inneren Vorsprunge (*h*), sowie in der weiteren Fortsetzung das hintere dünne und relativ sehr glatte Tympanumfeld (*H*) mit seinem rahmenartig verdickten Grenzsaum *b*.

Der obere Fortsatz oder Arm des zweischenkeligen Körperchens stellt eine längliche, am öftesten stielförmig erscheinende Wucherung der Innenseite des Trommelfelles dar, die am freien, oft flügelartig verbreiterten Ende (Fig. 135*m* und 111*stl*) vermittelst zahlreicher zarter Fältchen unmerklich in die umgebende glatte Trommelfellmembran übergeht, während sie sich in der Nähe des zapfenförmigen Höckers gewöhnlich in zwei Arme theilt (Fig. 107**m* und *F*), welche das genannte Gebilde zangenartig umschliessen und von denen insbesondere der nach vorne gerichtete Ausläufer (*F*) mit in die Bildung des hohlen Höckers eingeht.

Im Übrigen zeigt sich der stielförmige Fortsatz hinsichtlich seiner Grösse und anderweitigen Beschaffenheit ungleich veränderlicher als das rinnenförmige Gebilde.

Ziemlich lang, wenigstens der Hälfte des letzteren gleichkommend, ja denselben wie bei *Pezotettix* sogar übertreffend, finden wir ihn z. B. bei *Pachytylus* (Fig. 136), *Tropidonotus* (Fig. 110*), *Oxya* (Fig. 118), *Oedipoda*, *Caloptenus*, *Stauronotus* u. s. w., während er bei *Chrysochraon*, *Tryxalis* und *Chorophystes* nur als ein kurzer, aber stark angeschwollener Anhang des Vereinigungshöckers sich darstellt.

Ein ganz eigenthümliches Verhalten zeigt unser Gebilde namentlich bei *Pezotettix*, wo es in Gestalt eines bräunlichschwarzen Stäbchens beginnt, in ziemlich grosser Entfernung vom Zapfen aber plötzlich abbricht und mit dem bezeichneten Theil nur durch einige ganz blasse Fältchen sich verbindet, während man bei *Platyphyma* nur die letzteren beobachtet, so dass auf den ersten Blick dieser Abschnitt hier gänzlich zu fehlen scheint.

Übergehend auf den physiologisch entschieden bedeutsamsten Abschnitt der zweischenkeligen Trommelfellanschwellung, nämlich auf das zapfenartige Gebilde, so muss man, um den Bau desselben richtig zu erkennen, von grösseren Formen ausgehen. Von der Innenseite des Trommelfelles betrachtet, stellt der-

selbe einen frei in die Höhe und etwas nach unten gerichteten bräunlichen bis schwärzlichen Höcker dar, den man mittelst der Präparirnadel leicht hin- und herzerren kann.

Besieht man sich das Trommelfell von aussen, so erkennt man an der entsprechenden Stelle, unter Anwendung einer guten Loupe, eine bald mehr rundliche, bald längliche öhrartige Vertiefung (Fig. 107* *Ö*), in welche sich die Spitze der Nadel einführen lässt.

Wie man durch verschiedene Mikroskopeinstellungen ermittelt, erweitert sich dieser Hohlraum nach innen zu und biegt sich seitwärts, d. i. gegen das abgerundete, stumpfe Ende des Zapfens, der sonach, wie zuerst Hensen angab, hohl ist.

Dass diese Höhlung des Ganglionhöckers aber wirklich sich nach aussen und nicht etwa, wie Siebold angibt, nach innen öffnet, kann man auch aus geeigneten Querschnitten (vergl. Fig. 127 *za*) ersehen, aus denen sich zugleich ergibt, dass unser Hohlzapfen inwendig von derben Schüppchen ausgekleidet wird, die man nach Kalilaugebehandlung und entsprechender Einstellung auch am Organ in toto (Fig. 135 *za*) sehen kann.

Die Öffnung des hohlen Zapfens wird von einem ziemlich dicken Wulst umschlossen, dessen obere, hakige Partie von der stiel- und dessen untere von der rinnenartigen Trommelfellwucherung gebildet wird.

Das birnförmige Körperchen. Nicht weit vom Mittelpunkt des Trommelfelles beobachtet man bei den meisten Acridiern eine kleine, selbst bei den grössten Formen nur 0·17 Mm. messende innere Wucherung der Trommelfellmembran, die durch ihre dunkelbraune Färbung von der Umgebung sich sehr scharf abhebt und gewöhnlich (nicht immer) durch das Trommelfell nach aussen durchschimmert, und bei grösseren Formen selbst mit freiem Auge als schwärzliches Pünktchen wahrgenommen wird.

Diese centrale Tympanumverdickung zeigt in der Regel die Gestalt einer stark flachgedrückten Birne (Fig. 135), und lässt bei genügender Vergrösserung eine zarte Punktirung und Strichelung erkennen, welche bekanntlich von den feinen, die Chitinwucherung durchsetzenden Porencanälen herrührt.

Die Lage dieses birnartigen Gebildes ist derart, dass eine durch ihre Längsaxe gezogene Gerade gewöhnlich durch den Ganglionhöcker geht, mit dem übrigens das Körperchen gewöhnlich factisch verbunden erscheint, indem sich von der Spitze desselben bis zum bezeichneten Höcker ein durch gröbere Rauhigkeiten bezeichnetes Band (Fig. 135 *B*) erstreckt, als dessen auffallend stark entwickeltes Ende das birnförmige Körperchen gewissermassen betrachtet werden darf.

Einen solchen Verbindungsstrang betrachtet man z. B. bei *Oedipoda*, *Stauronotus*, *Oxya* u. s. w., während bei anderen Formen, z. B. *Platyphyma*, *Pezotettix*, *Caloptenus* unser Körperchen völlig isolirt, mitten in der glatten glashellen Membran daliegt, aber, mit starken Linsen angesehen, keineswegs scharf abgegrenzt ist, vielmehr seine Ränder und auch sein Stiel vielfach ausgefressen erscheinen [1].

Was zunächst seine Form betrifft, so begegnen wir nicht selten (z. B. *Platyphyma*, *Tropidonotus* und *Chrysochraon*) einer bedeutenden Längsentfaltung, die namentlich bei den ersten zwei Gattungen, welche bekanntlich relativ schmale Tympana haben, auffällt, während *Oxya* und *Pezotettix*, mit verhältnissmässig sehr breiten Trommelfellen durch ein sehr stumpfes, ja bei letzterer Gattung nahezu kreisrundes Körperchen ausgezeichnet sind, und das von *Parapleurus* herzartig ist.

Hinsichtlich seiner Grösse ist auffallend, dass sie innerhalb gewisser Grenzen durchaus nicht regelmässig mit jener der Tympana zu-, resp. abnimmt. Denn, während z. B. auf dem gegen 3·0 Mm. langen Tympanum von *Pachytylus* ein bei 0·062 Mm. grosses Körperchen sich vorfindet, erreicht dasselbe bei *Chrysochraon* mit einer dreimal geringeren Trommelfelllänge die Grösse von 0·08 Mm. und sinkt andererseits bei *Pezotettix* mit einem 2 Mm. langen Tympanum auf den ganz geringen Werth von 0·035 Mm. herab.

Betreffs der Lage des birnförmigen Körperchens sei nur hervorgehoben, dass es bald (*Tropidonotus* Fig. 110*) höher nach oben, bald (z. B. *Oxya*, Fig. 118) tiefer nach unten rückt, und sein Abstand vom

[1] O. Schmidt hält unser solides Körperchen für eine flache Kapsel. Ich habe die Sache neuerdings und bei den grössten Formen untersucht, und muss dies entschieden in Abrede stellen. Dass sich das harte spröde Gebilde durch starken Druck zersprengen lässt, beweist weiter gar nichts; Schnitte zeigen keinerlei Höhlung.

Zapfen des zweischenkeligen Körperchens sich sehr verschieden darstellt. Relativ nahe gerückt erscheint es bei *Tropidonotus, Stauronotus, Oedipoda,* während es bei *Pezotettix* z. B. über die Mitte des Trommelfelles hinaus zu liegen kommt.

Zum Schlusse machen wir noch darauf aufmerksam, dass das birnförmige Körperchen bei einigen Acridiern, deren zweischenkelige Anschwellung die ganz normale Ausbildung zeigt, ganz und gar vermisst wird, so z. B. bei *Rhomalea* (Fig. 111) und *Tropidacris cristata.*

Unter solchen Umständen ist die Frage gewiss nicht müssig, ob dieses Gebilde als ein wesentlicher Bestandtheil des Tympanalapparates zu nehmen ist, oder ob wir es hier nur mit einem morphologisch bedeutsamen Gebilde, vielleicht mit einem Überreste einer bei trommelfelllosen Formen, resp. Urformen bestehenden Integumentwucherung zu thun haben.

Auffallende Differenzirungen der Trommelfellkörperchen. Unter der verhältnissmässig unbedeutenden Zahl der von uns untersuchten Acridier haben sich doch drei, mit Ausnahme der einen, nämlich *Cucculligera,* exotischen Familien angehörige Formen vorgefunden, die in Betreff der an der Trommelfellmembran vorkommenden Anschwellungen ganz auffallend vom normalen Verhalten abweichen und diesfalls eine besondere Besprechung verdienen.

Bei der einen dieser Formen, nämlich *Poecilocera sanguinolenta* Serv. (Fig. 114), bemerkt man im unteren und vorderen Feld des im Ganzen ziemlich glatten Trommelfelles eine kleine, und der blassgelblichen Färbung nach zu urtheilen, nicht besonders derbe Verdickung (*ri*), welche am oberen Ende als schmale Leiste beginnt und nach unten zu höckerartig sich verbreitert. Diese ganze Chitinprotuberanz liegt aber nicht unvermittelt auf der Trommelfellmembran, sondern erscheint vielmehr als der Knotenpunkt vom Vorder- und Unterrand des Trommelfelles ausgehender schmaler, dicht mit Dörnchen besetzter Falten, die gegen die obere und hintere Partie des Trommelfelles zu allmählig sich abglätten.

Der Lage nach würde dieses Gebilde dem rinnenartigen Gebilde der übrigen Acridier entsprechen, mit dem es indess keinerlei Formähnlichkeit besitzt, so dass wir es beim gleichzeitigen Mangel eines morphologisch dem zapfenförmigen Höcker entsprechenden Theiles wahrscheinlich besser als ein apartes Gebilde ansehen.

Bei der zweiten Form, der den Tettigiden nahestehenden *Chrotogonus lugubris* Blanch., erscheint auf den ersten Blick das Trommelfell ohne jegliche Anschwellung, also völlig glatt; wenn man es aber in Kalilauge kocht und bei starker Vergrösserung genauer mustert, so entdeckt man nahe dem leistenartig angeschwollenen Unterrande des Tympanums ein ganz winziges, nämlich nur 0·018 Mm. messendes dunkelbraunes Körperchen, dessen Gestalt am meisten an das birnförmige Gebilde erinnert, dem es sich, abgesehen von der relativ mindestens 5mal geringeren Grösse und der abweichenden Lage auch dadurch nähert, dass es (Fig. 123*) nach vorne in einen länglichen, schwach gekrümmten Fortsatz übergeht.

Ganz eigenartig sind die Anschwellungen, die das Trommelfell von *Cuculligera hystrix* auszeichnen.

An der Aussenseite bemerkt man davon wenig. Nahe dem Vorderrande fällt einem zunächst eine buckelige Erhebung (Fig. 129 *ri*) in das Auge, die ganz und gar an das Bild erinnert, das der rinnenartige Schenkel bei den übrigen Acridiern darbietet. Hart oberhalb dieses quergestellten Höckerchens erkennt man ferner eine auf letzterem senkrecht stehende spaltenartige Vertiefung (*Ö*), die von der äusseren Zapfenöffnung der übrigen Schnarrheuschrecken sich hauptsächlich durch ihre beträchtliche Grösse unterscheidet.

Ein vom typischen Verhalten dagegen ganz auffallend abstechendes und der vorbeschriebenen äusseren Ansicht nach zu urtheilen ganz und gar unerwartetes Bild bietet sich dar, wenn man das Trommelfell nach vorheriger Reinigung in kochender Kalilauge von der Innenseite betrachtet.

Dem erwähnten Höcker entsprechend, sieht man zunächst einen kleinen gelblichen, mit derben Schüppchen und vereinzelten Haaren besetzten Fleck, der von der glatten durchsichtigen Umgebung keineswegs scharf abgesetzt erscheint und uhrglasartig ausgehöhlt ist (Fig. 130* *ab*).

In unmittelbarer Fortsetzung dieses Gebildes nach oben zeigt sich ferner ein flachgedrücktes, im Ganzen ungefähr kelchartiges Körperchen von dunkelbrauner Farbe, bestehend aus einem Stiel (*o*) und einem verbrei-

terten Ende (n). Ersterer ist zum Theil an der kleinen Trommelfellfalte angewachsen, die sich, wie wir oben gehört haben, aussen als kleine Spalte zu erkennen gibt, der obere Theil dagegen, sowie der kelchartige Abschnitt ist völlig frei, d. i. nicht mit dem hart darunter gelegenen glatten Trommelfell verwachsen, und lässt sich nach Belieben zurückschlagen.

Rings um den letztgenannten Theil ist dann noch ein breiter heller Hautsaum (m), der nach Kalilaugebehandlung sich scharf von der Umgebung abhebt und keineswegs als losgerissener Abschnitt eines mit diesem seltsamen Gebilde verbundenen anderweitigen Körpertheiles zu betrachten ist, und auffallend an gewisse plattenartige Chitinsehnen erinnert, ohne dass wir, da uns Weingeistexemplare fehlen, sagen können, ob sich factisch daran ein Muskel inserire.

An dem uns vorliegenden trockenen Thiere konnten wir an der betreffenden Stelle nur einen bräunlichen nach oben gerichteten Strang bemerken, dessen Natur unserer Vermuthung allerdings nicht widerspricht.

Betreffs der morphologischen Deutung der drei bezeichneten Abschnitte unserer Anschwellung, entspricht die schalenartig vertiefte rauhe Platte unzweifelhaft dem rinnenartigen Schenkel, während der Hals des kelchartigen Gebildes, der äusserlichen Ansicht nach zu urtheilen, dem Vereinigungshöcker gleichgesetzt werden müsste, in welchem Falle dann der kelchartige Theil mit dem stielartigen Fortsatz des zweischenkeligen Organs zu parallelisiren wäre, der hier einen bedeutenden Grad von Selbständigkeit erlangt hat, was, wie angedeutet, mit seiner problematischen Bestimmung als Chitinsehne eines hier sich wahrscheinlich inserirenden Muskels in Verbindung stehen mag.

Am Schlusse dieses Abschnittes erlauben wir uns der Hoffnung Raum zu geben, dass weitere Forschungen, mit grösserem, namentlich gewisse von uns unberücksichtigt gelassenen Formen enthaltenden Materiale angestellt, in dieser Richtung noch zahlreiche anderweitige Modificationen hinsichtlich der Trommelfellwucherungen ergeben werden und dass dadurch das gegenwärtig noch unvermittelte Auftreten dieser Gebilde genetisch erklärt werden wird.

Differenzirung der äusseren Trommelfelleinfassung.

Wie schon oben des Näheren auseinandergesetzt wurde, bildet bei den meisten Acridiern der halbmond- bis hufeisenförmige Ausschnitt der tympanalen Seitenplatte ein das Trommelfell von oben und hintenher umschliessende Falte (Tympanalfalte), an welche sich am Unterrande der bezeichneten Membran ein meist leistenartig gestalteter Vorsprung des Metathorax-Epimerums anschliesst, wodurch ein das Tympanum äusserlich umgebender Hautgürtel zu Stande kommt, den wir zum Unterschiede vom eigentlichen Trommelfellrahmen als äussere Trommelfelleinfassung bezeichnet haben.

Im Nachfolgenden wollen wir es nun versuchen, ein Bild der hochgradigen Differenzirung zu entwerfen, welcher sowohl die Tympanumfalte, als die sogenannte untere Trommelfellleiste unterworfen sind.

Tympanalfalte. Die mit diesem Namen bezeichnete Hautduplicatur der Acridier erinnert hinsichtlich der ungemein verschiedenen Ausbildung derselben sehr auffallend an den sogenannten Trommelfelldeckel der Diplogasteren.

Sehr wenig ausgeprägt, nämlich nur eine niedrige, das Trommelfell von oben und hinten umschliessende Leiste bildend, erscheint sie beispielweise bei *Rhomalea* (Fig. 111), *Poecilocera* (Fig. 114) und *Chrotogonus* (Fig. 123), bei welch' letzterer Form namentlich der mit der unteren Leiste verschmolzene Vordertheil ($v\,TL$) entwickelt ist.

Etwas stärker entfaltet zeigt sie sich schon bei *Oxya*, *Tropidacris* und *Pezotettix*, wo sie (vergl. Fig. 118 $h\,TL$) einen halbmondförmig gekrümmten Wulst darstellt, der sich bei *Cuculligera* (Fig. 129) und *Chorophystes*, indem sich das Trommelfell etwas nach hinten einsenkt, beträchtlich über dasselbe erhebt, ja in seinem hinteren Abschnitt sich schon etwas über das Trommelfell herein zu neigen beginnt.

Hier schliessen wir gleich die Tympanalfalte von *Parapleurus* an. Der obere Theil derselben hängt schon deutlich über das Trommelfell herein, von dem es bei der Ansicht von oben ungefähr den sechsten Theil bedeckt, während der hintere Abschnitt nur eine starke nach auswärts gestülpte Krempe bildet, die

zum Theil mit der Ebene des Trommelfelles zusammenfällt und mit dem Rahmen desselben durch eine dünne gelenkhautartige Membran verknüpft ist.

Noch ausgeprägter gestaltet sich das obere Tympanaldach bei *Caloptenus*, *Acridium*, *Stetheophyma*, *Stauronotus flavicosta* Fisch. Fr. (Fig. 116), *Epacromia* und manchen *Pachytylus*-Arten, wo es bereits den fünften bis vierten Theil des gesammten Trommelfelles überragt, indess sich der hintere Theil der Falte nicht viel entwickelter als bei *Parapleurus* zeigt, und bei *Caloptenus* und *Acridium* fast senkrecht am eigentlichen Trommelfellrahmen in die Höhe steigt.

Bei *Pachytylus nigrofasciatus* (Fig. 112) und *Tryxalis nasuta* kommt durch das obere Trommelfell-gewölbe schon mehr als der dritte Theil des Tympanums zur Verdeckung, während der hintere Abschnitt auch hier noch nicht an der Bildung der Tympanaltasche sich betheiligt. Letzteres geschieht dagegen unter Anderem bei *Oedipoda* (Fig. 120) und *Pachytylus migratorioides*.

Einen mehr taschen- als muschelartigen Charakter nimmt die Tympanalfalte bei den folgenden Formen an, wobei unter vorherrschender Entwicklung derselben in der Richtung von oben nach unten (Letzteres am schönsten ausgesprochen bei *Stauronotus annulipes* und *brevicollis*, *Stenobothrus pratorum* und *Chrysochraon*) das Trommelfell übrigens in ziemlich verschiedenem Masse verdeckt erscheint, nämlich ungefähr zur Hälfte bei den eben genannten, sowie bei *Stenob. declivis* Brisout, *Paracinema* und *Gomphocerus sibiricus* (hier auch von hinten), gegen drei Viertheile bei *Stenobothrus variabilis*, *dorsatus*, *petraeus*, *miniatus*, *geniculatus* und *melanopterus*, während der Eingang in die Trommelfelltasche z. B. bei *Stenobothrus lineatus* und *viridulus* zu einer ganz schmalen Spalte sich verengert (Fig. 101 *T*).

Hinsichtlich der Beschaffenheit des Tympanalgewölbes machen wir noch besonders darauf aufmerksam, dass dasselbe inwendig nicht selten (z. B. *Acridium*, Fig. 116) mit leistenartigen Vorsprüngen versehen, also kanellirt ist, während sich die Aussenseite, namentlich an der oberen Partie, meist runzelig gestaltet.

Am auffallendsten ist die letztere Erscheinung besonders an den nahezu ganz verschlossenen Trommelfelltaschen gewisser *Stenobothrus*-Arten, wo die Runzelung des weit herabhängenden Deckels (Fig. 101 *m*) an die erste Anlage der Flügelrippen erinnert, sowie denn überhaupt, wie am schönsten aus Querschnitten durch die betreffenden Körperpartien hervorgeht (vergl. Fig. 102), die ganze Bildung den lappenartigen Ansätzen der Dorsalausstülpungen am Meso- und Metathorax gleicht, und in diesem Sinne gewissermassen als Tympanalflügel bezeichnet werden darf.

Aus den wenigen über die Differenzirung der Tympanalfalte gegebenen Daten, die sich an einem grösseren Materiale noch sehr vermehren liessen, wird jeder Unbefangene soviel ersehen haben, dass eine Eintheilung der Tympana in drei Gruppen, wie sie neuerlichst Dr. Brunner [1] unter dem Namen *T. apertum fornicatum* und *clausum* aufgestellt hat, selbst für rein systematische Zwecke von sehr problematischem Nutzen, ja eher von Schaden sei, indem dadurch ganz unnatürliche Grenzen gezogen werden, welche auszumerzen sich die Morphologie doch zur Aufgabe gestellt hat.

Die untere Trommelfellleiste. Es muss zunächst hervorgehoben werden, dass dieser Abschnitt der äusseren Trommelfelleinfassung hinsichtlich seiner Entwicklung durchaus nicht immer gleichen Schritt hält mit jener der Tympanalfalten, dass aber die ziemlich weit auseinander liegenden extremen Formen derselben in ganz ähnlicher Weise, wie beim letztgenannten Cuticularvorsprung, durch successive Übergänge mit einander verbunden werden. Ganz schwach zeigt sich die Leiste z. B. bei *Chrotogonus* (Fig. 123 *u T L*), *Pezotettix*, *Chorophystes*, *Platyphyma* u. m. a., hauptsächlich also bei Formen, wo auch die Tympanalfalte ganz unansehnlich ist. Stärker tritt sie schon bei *Stetheophyma*, *Parapleurus*, gewissen *Oedipoda*-, *Pachytylus*- und *Stenobothrus*-Arten hervor, wo sie (vergl. Fig. 109 *uT L*) einen ihrer ganzen Länge nach fast gleich hohen abgerundeten Kiel darstellt.

Bei *Cucculligera* (Fig. 129 *u TL*), *Tryxalis*, *Stenobothrus viridulus* neigt sich die Leiste schon etwas gegen das Trommelfell und schwillt zugleich, bald ihrer ganzen Länge nach, bald nur vorne (*Steno-*

[1] A. a. O. p. 2.

bothrus viridulus) oder hinten (*Cucculligera, Tryxalis, Tropidonotus*) beträchtlich an, so dass ein geringer Theil des Trommelfelles dadurch verdeckt wird.

Zu einem kurzen, theils gerade abgestutzten, theils halbmond- oder beilförmig umrandeten Lappen gestaltet sie sich unter Anderem bei *Caloptenus, Epacromia*, sowie bei vielen (nicht allen!) *Stenobothrus*-Arten (Fig. 101 *u TL*).

Indem bei den letzteren Arten der beilförmige Fortsatz des Metathorax dem freien Rande der hier stark ausgebildeten oberen Tympanalfalte entgegenwächst, verengt sich die Öffnung der Trommelfelltasche zu einer sehr schmalen Ritze, so dass wir hier einen ganz analogen Fall wie bei gewissen Gryllodeen, z. B. *Platydactylus* vor uns haben, wo bekanntlich sowohl vom vorderen als hinteren Trommelfellrande Falten ausgehen, die, einander sich mehr und mehr nähernd, nur eine schmale Spaltöffnung als Zugang zur Trommelfellkapsel freilassen.

Die bedeutendste Entfaltung bietet uns aber in diesem Punkte das Genus *Pachytylus*. Denn während z. B. der in Rede stehende Integumentauswuchs bei *P. ornatus* Fisch. W. nur einen schmalen Vorsprung bildet, zieht sich derselbe bei *P. nigrofasciatus* (Fig. 112 *u TL*) lappenartig in die Länge, so dass nur ein halbmondförmiger Abschnitt vom Trommelfell sichtbar bleibt, und zu einem förmlichen, fast den Hinterrand der Trommelfelleinfassung berührenden Deckel wird dieser Lappen bei *P. migratorioides* (Fig. 108)[1], bei dessen Anblick man unwillkürlich an den stark entwickelten Tragus der äusseren Ohransätze gewisser Säugethiere denkt, ohne dass wir hier so gut wie dort über die Bedeutung dieser Gebilde etwas Sicheres behaupten können.

Verbreitung der Stridulationsorgane und Trommelfelle.

Die Verbreitung der Trommelfelle bei den Acridiern weicht insoferne von jener der Diplogasteren sehr wesentlich ab, als dort die überwiegende Mehrheit der Gattungen nebst den Tympanis zugleich auch mit Zirporganen ausgestattet ist, während die wenigen stummen Formen fast durchgehends auch der Tympanalorgane ermangeln, indess die meisten Schnarrheuschrecken stumm und trotzdem mit Trommelfellen begabt sind.

Leider haben wir über die Verbreitung der Tonapparate bei diesen Thieren, deren genaue Kenntniss jener der Trommelfelle nothwendig vorangehen müsste, viel zu wenig Aufzeichnungen, als dass man sich über den näheren Zusammenhang derselben mit den Tympanalorganen auslassen könnte.

Wir geben nun zunächst eine Übersicht über jene Acridier, welche einigermassen intensive Lautäusserungen von sich geben.

Wir unterscheiden darunter zwei Gruppen, nämlich solche, welche wirklich musiciren, d. h. mittelst besonderer Organe ganz nach Willkür Töne erzeugen, und in solche, deren Lautäusserungen nicht von der Willkür des Thieres abhängen.

Die ersteren bedienen sich beim Musiciren ausnahmslos der zu diesem Behufe eigenthümlich ausgerüsteten Hinterschenkel, welche entweder an den Oberflügeln oder an gewissen rauhen Stellen des Abdomens angestrichen werden.

Hierher gehören die Gattungen: *Chrysochraon, Stenobothrus, Gomphocerus, Stauronotus, Stetheophyma* (alle mit Schrillleisten versehen), dann nach Dr. Rudow's Angaben (vergl. unten) *Oedipoda* und *Caloptenus*, ferner noch *Cuculligera* und *Pneumora*, welche letzteren zwei Gattungen die Hinterschenkel am Abdomen auf- und abwetzen.

Zur zweiten Gruppe zähle ich gewisse *Pachytylus*- und *Oedipoda*-Arten, von denen man nur während des Fliegens Lautäusserungen vernimmt, die durch die Reibung der stark gerippten Unterflügel entstehen. Nach der Beschaffenheit der letzteren zu urtheilen, dürften unter Anderem noch *Chorophystes* und *Tropidacris* hieher gehören, von diesen aber, sowie von zahlreichen anderen normal geflügelten Gattungen, z. B. *Pyr-*

---

[1] Ähnlich scheint es sich nach Fischer's Angabe auch bei *Thrynchus* Fisch. d. W. zu verhalten. Er sagt: „Tympani margo anticus lobo magno semiobtectus."

gomorpha Serv., *Opomala* Erichs., *Oxycoryphus*, *Thrynchus* u. s. w. ist uns leider gar nichts bekannt, sowie denn z. B. in der grossen, gegen 300 Arten enthaltenden Monographie der Acridier Nordamerika's von Cyrus Thomas [1] nicht einmal das Alles angegeben erscheint, was wir eben mitzutheilen in der Lage waren.

Als entschieden stumme Formen, die aber sogut wie die bezeichneten stridulirenden Gattungen mit normalen Trommelfellen ausgestattet sind, kenne ich und zwar von vollkommen geflügelten: *Epacromia*, *Caloptenus*, *Acridium* und *Parapleurus*, und von ganz flügellosen oder solchen, die nur kleine Elytrastummel besitzen: *Pezotettix*, *Platyphyma*, *Porthetis*, *Sphenarium* und *Chrotogonus*.

Völlig trommelfelllos erweisen sich (nach Brunner) nur die flügellosen und „stummen" Proscopiden, Mastaciden und Tryxaliden, sowie (wenigstens die einheimischen) Tettigiden, hinsichtlich welcher ich nicht begreifen kann, dass sich Brunner über das Vorhanden- oder Nichtvorhandensein der Tympana so reservirt ausdrückt.

Das Fehlen der Trommelfelle bei den Tettigiden ist übrigens sehr auffallend, da diese kleinen Springer nach v. Siebold auf eine ihm allerdings unbekannt gebliebene Art und Weise zirpende Töne hervorbringen sollen [2].

Nach dem jetzt Mitgetheilten zeigt sich wohl auf das Unverkennbarste, dass ein causeller Zusammenhang zwischen Stridulations- und Tympanalapparaten bei den Acridiern nicht besteht, und wenn gewisse flügellose Formen, z. B. aus der Zunft der Tryxaliden der Trommelfelle entbehren, während die ebenfalls stummen aber geflügelten Arten solche besitzen, so wird nach unserem Dafürhalten damit nur bewiesen, dass die Ausbildung der Tympanalorgane mit jener der Flügel, nicht aber mit jener der Zirporgane Hand in Hand geht, ein Gesetz, das aber auch keine ganz allgemeine Geltung hat, da, wie schon früher erwähnt worden, z. B. die ganz flügellose *Pezotettix Salamandra* deutliche Trommelfelle aufzuweisen hat.

Entwicklungsgeschichte der äusseren Tympanalgebilde.

Um zugleich mit der Entwicklung der Trommelfelle jene ihrer accessorischen Theile studiren zu können, hielt ich mich hauptsächlich an einige *Stenobothrus*-Arten, nämlich *St. protorum*, *dorsatus* und *lineatus*, bei denen die letzteren Gebilde eine das Tympanum fast ganz umschliessende Kapsel bilden.

Der hier beoachtete Evolutionsmodus hat mit dem der Tympana obtecta der Diplogasteren im Allgemeinen viel Analoges, weicht aber in einzelnen Punkten sehr erheblich davon ab.

Bei der ersten Entwicklungsphase von *Stenobothrus* ist die Trommelfellstelle (Fig. 107 *T*) von der umgebenden Haut durch nichts ausgezeichnet, als durch eine ganz unscheinbare flache Leiste, welche hier sehr deutlich die Grenze zwischen Lateral- und Dorsalplatte angibt und als die erste Anlage der beim Imago taschenartig sich hervorstülpenden Tympanalfalte anzusehen ist.

Etwas mehr tritt diese schon im zweiten Stadium (Fig. 106) hervor, wo zugleich die Seitenlamelle hinter dem Stigma einen ganz seichten Eindruck erkennen lässt, der im folgenden, dem letzten Lateral- oder Lobularstadium (Fig. 105) schon bestimmtere Umrisse annimmt, und die bezeichnete Leiste am Ober- und Unterrande der vertieften Tympanalfläche krempenartig hervorragt (*h TL*).

Im vorletzten oder ersten Dorsalstadium (Fig. 104) hebt sich das Trommelfell schon sehr deutlich von der Umgebung ab, erscheint eben ziemlich glatt und trotz des noch nicht gewichenen Pigmentes seiner Matrix etwas durchscheinend und schimmernd. Zugleich hat es sich ein wenig nach hinten und innen geneigt, während die Tympanalfalte dasselbe, ungefähr so wie bei *Cucculligera*, beträchtlich überragt (vergl. auch Fig. 117 *TF*).

---

[1] Washington, 1873. Wenn in diesem Werke unter dem Absatze „Lautäusserungen" auf das beim Fliegen hörbare schwirrende Geräusch bei *Acridium* und *Coloptenus* hingewiesen wird, so wird dasselbe doch Niemand als eine Lautäusserung im gewöhnlichen Sinne dieses Wortes auffassen.

[2] Hier füge ich bei, dass Dr. Rudow ähnliche Laute auch bei Blattinen gehört haben will, sowie wir aus der betreffenden Arbeit auch ersehen, dass nicht nur die Weibchen vieler Orthopteren, sondern auch die Jungen derselben leise Töne hervorzubringen im Stande sind.

Im letzten Stadium (Fig. 103) erscheint das Trommelfell so gut wie fertig, spiegelt ziemlich stark, seine Matrix ist aber noch stark pigmentirt. Die Tympanalfalte dagegen ist im Ganzen nicht viel weiter gediehen, als im abgelaufenen Stadium, und macht beiläufig den Eindruck wie bei *Parapleurus* im ausgebildeten Zustande.

Ähnlich verhält es sich mit der Entwicklung von *Caloptenus*, wo aber, ganz entsprechend der Beschaffenheit im fertigen Zustande, im letzten Stadium die Tympanalfalte noch kleiner als bei *Stenobothrus* im gleichen Alter ist, und die spätere Neigung des Trommelfelles noch wenig zur Geltung kommt. Die Entfaltung der unteren Trommelfellleiste erfolgt schrittweise mit jener der übrigen Einfassung.

Bemerkenswerth im Vergleich zu den Diplogasteren ist, wie wir gesehen haben, bei den Acridiern besonders der Umstand, dass die Trommelfellbedeckung bis zur allerletzten Häutung relativ sehr wenig hervortritt, während die Trommelfellmembran selbst ziemlich frühzeitig zum Ausdruck gelangt.

Interessant ist der Entwicklungsmodus der Trommelfellkörperchen. Die bezeichneten drei Abschnitte des zweischenkeligen Gebildes kommen zuerst, und zwar in der Regel getrennt von einander zur Entfaltung, wobei sich die einzelnen Arten von *Stenobothrus* insoferne verschieden verhalten, als z. B. bei *St. pratorum* die Anlagen der betreffenden Chitinwucherungen beträchtlich früher als bei *S. lineatus* zum Vorschein kommen.

Im vorletzten Stadium der eben genannten Art ist auf dem noch sehr rauhen Trommelfell zunächst weiter nichts als eine ganz unansehnliche Spur des Mittelzapfens zu erkennen. Sie stellt sich bei stärkerer Vergrösserung als eine ganz kleine, nämlich nur 0·04 Mm. messende blassgelbe, nach rückwärts seicht ausgehöhlte Anschwellung von elliptischem Umriss (Fig. 117) dar. Im folgenden Stadium derselben Species erscheint zunächst das eben erwähnte Gebilde besser ausgeprägt, indem sich (vergl. Fig. 117 *za*) rings um die äussere Öffnung ein schmaler Ringwulst gebildet hat, und ausserdem noch der Anfang des rinnenförmigen Schenkels in Gestalt eines unansehnlichen gelblichen Fortsatzes des Vereinigungshöckers beobachtet wird.

Vom oberen stielförmigen Arm, sowie vom birnförmigen Körperchen ist im letzten Stadium von *St. lineatus* mit Ausnahme einiger ganz unansehnlicher blasser Fältchen noch nichts vorhanden, es kommen diese Theile demnach erst nach der letzten Häutung zum Vorschein.

Bei *St. pratorum* dagegen erfolgt die Anlage des Zapfens bereits im drittletzten Stadium und sind auch die übrigen Theile mit Einschluss des birnförmigen Körperchens im letzten Stadium bereits vollständig, ganz so wie beim Imago, ausgebildet.

Lehrreich für das Zustandekommen des zweischenkeligen Körperchens ist das Verhalten desselben im vorletzten Stadium der genannten Species. Die oben bezeichneten drei Abschnitte liegen nämlich ganz getrennt nebeneinander, indem von den beiden Schenkeln nur die peripherischen Theile sichtbar sind.

Der Unterschied des beschriebenen Entwicklungsmodus der Trommelfellverdickungen der Acridier im Vergleich zu jenen der Diplogasteren ist augenfällig. Dort erweist sich die sogenannte elliptische Scheibe als ein Überrest des primären Integuments, gewissermassen als eine cuticuläre Insel, um welche sich ringsum das Integument bei jeder Häutung stärker modificirt; hier dagegen sind als überkommene Gebilde wahrscheinlich nur gewisse Cuticularfortsätze, wie z. B. die auf diesen Theilen öfters vorkommenden Haare anzusehen, während die denselben als Unterlage dienende, im Vergleich zur Trommelfellmembran dunkler gefärbte Chitinschichte auf eine erst im späteren Alter sich einstellende Wucherung und in diesem Sinne demnach als eine wirkliche Neubildung aufgefasst werden muss.

Was die Frage nach der Entstehung, Phylogenese, der äusseren Tympanalgebilde anlangt, so befinden wir uns derselben gegenüber in einer ganz ähnlichen Lage wie bei den Diplogasteren. Manche Formerscheinungen, so z. B. die theils zum Schutze des Trommelfelles, theils zur Aufnahme und Überleitung der Tonschwingungen auf dasselbe geeignet erscheinenden Tympanalfalten machen ganz den Eindruck durch successive Anpassung erworbener Einrichtungen, die, wie wir gesehen haben, bei den einzelnen Acridierformen in sehr verschiedenem Masse ausgebildet sind, während sich das Trommelfell selbst bei einigen Schnarrheuschrecken verhältnissmässig unansehnlich und rauh zeigt, und dadurch auf seine vermuthliche Abstammung von einer derberen, indifferenten Integumentpartie hinweist.

An dieser Stelle mag noch die Beobachtung betreffs einer eigenthümlichen unsymmetrischen Gestaltung der Trommelfelle einer *Caloptenus italicus* ♀ Platz finden.

An dem betreffenden, hier bei Graz gefangenen Thiere, zeigt sich das rechte Trommelfell ganz normal entwickelt, ist vollständig glatt, durchsichtig und von einer taschenartigen Falte umschlossen; das gegenüberliegende linke Tympanum dagegen, dem Umrisse nach gut abgegrenzt, erscheint ganz rauh und undurchsichtig, beinahe von der Beschaffenheit der umgebenden Haut. Ausserdem ist es nur wenig seitlich in die betreffende Schiene eingedrückt und blos von einem ganz niederen Wulst umgeben.

Wahrscheinlich haben wir es hier mit einer pathologischen Abweichung zu thun, wie wir denn sehr oft beobachten, dass die gewissen, auf diesen Thieren so häufig schmarotzenden Milben, die nicht selten die Trommelfelltasche zu ihrem Aufenthaltsorte wählen, das Tympanum in arger Weise zurichten, so dass man nicht selten, wie wir das in Fig. 100 bei *a* dargestellt haben, dasselbe durchlöchert und nebstbei mit krankhaften Wucherungen besetzt findet.

Es könnte also wohl sein, dass das fragliche Tympanum in einem früheren Lebensstadium in der angedeuteten Weise durch diese Geschöpfe verunstaltet worden wäre, wenn wir gleich nicht begreifen, warum das ganze Tympanum gleichmässig verdickt und die genannte Falte so klein erscheint.

Vorläufig möchte ich mich aber doch mit dieser ungesuchten Erklärung zufrieden stellen und diese Erscheinung nicht etwa als eine Art Rückerinnerung an frühere unvollkommenere Zustände dieses Organs betrachten, wenn ich im Interesse der Entwicklungslehre gleich wünsche, dass andere Forscher in diesem Punkte glücklicher sein und uns mit unzweifelhaften Fällen von Atavismus bekannt machen möchten.

II. Der Spannmuskel des Trommelfelles.

Während, wie schon oben bemerkt wurde und aus der folgenden Darstellung zur Evidenz hervorgehen wird, der von Burmeister als Trommelfellspanner in Anspruch genommene Muskel entweder gar nicht existirt oder wenigstens nicht mit der erwähnten Function in Zusammenhange gebracht werden kann, hat merkwürdigerweise Siebold, der bekanntlich das Vorhandensein des vom erstgenannten Forscher behaupteten Spannmuskels mit grosser Entschiedenheit verneinte, selbstverständlich zwar nicht diesen Muskel selbst, aber doch einen wesentlichen Theil desselben, nämlich seine am Tympanum-Vorderrande entspringende Chitinsehne zuerst beobachtet.

Er beschreibt nämlich (pag. 62) an der Innenseite der hornigen Einfassung unterhalb des offenen Stigmas einen nach unten gerichteten Fortsatz oder Vorsprung, der sich nach der in Fig. 2 *d* gegebenen, allerdings etwas unvollständigen bildlichen Darstellung sogleich als das von uns bezeichnete Gebilde zu erkennen gibt (vergl. Fig. 118 *zu*).

Der von uns als Trommelfellspanner bezeichnete Muskel lässt zwei Abschnitte unterscheiden, die eben vorher erwähnte, dem Integument angehörige, also chitinöse Sehne und den eigentlichen muskulösen Faserstrang, der sich in beträchtlicher Entfernung von seinem Angriffspunkte, nämlich in der Nähe der ventralen Gelenkshaut inserirt.

Sehne des Trommelfellspanners.

Hart unterhalb des Stigmahöckers (Fig. 129 *a*), in dem Winkel, der die vordere, auch nach aussen stärker hervortretende Partie des Trommelfellrahmens mit dem leistenartig angeschwollenen Vorderrande des Tympanalsegmentes (*vTL*) bildet, bemerkt man bei grösseren Formen, z. B. *Cucullígera*, auf welche sich eben unsere Abbildung bezieht, schon mit freiem Auge, bei kleineren Arten aber mit der Loupe, eine Vertiefung (*q*), welche sich, wie uns eine in dieselbe eingeführte Borste (*m*) lehrt, schräg nach hinten und unten in das Innere des Körpers hinein fortsetzt.

Aus dieser bei vielen Acridiern (vergl. die Fig. 111 und 120 *q*) gemachten Beobachtung schloss ich zunächst, dass wir es hier mit einer hohlen Einstülpung des Integuments zu thun haben, wie wir ähnliche Cuticularfortsätze behufs der Insertion von Muskeln ja so häufig finden.

Um über dieses Gebilde Näheres zu erfahren, untersuchte ich dann das früher in Kalilauge gekochte Trommelfell verschiedener Arcridier von der Innenseite.

Bei Vermeidung eines Deckglases und geringer Vergrösserung sieht man nun, wir beziehen uns zunächst auf *Cucculligera* (Fig. 130), einen vom Vorderrand des Trommelfelles mit ziemlich breiter Fläche entspringenden bräunlich schwarzen, nahezu kegelförmigen und fast bis zur Spitze ausgehöhlten Fortsatz (*zu*), der nicht in die Ebene des Tympanums fällt, sondern (bei *Cucullígera*) ungefähr unter einem Winkel von 20 bis 30° davon absteht. Wie eine genauere Beobachtung ferner lehrt, setzt sich dieser frei in die Höhe, respective nach innen ragende Griffelfortsatz über die etwas verdickte Spitze hinaus noch weiter fort, und zwar in Gestalt eines ziemlich zarten, fast farblosen zungenförmigen Hautlappens, dem man seine Bestimmung, als Muskelsehne zu dienen, auf der Stelle ansieht (*Ssp*).

Der continuirliche Zusammenhang dieser dünnen, lanzettlichen Platte mit dem dickwandigen, inwendig mit derben Schüppchen bekleideten Hohlstachel ergibt sich, abgesehen von dem äusserst deutlichen durch Kalilaugebehandlung erhaltenen Bild auch aus dem Verhalten der dieselbe scheidenartig umgebenden Matrix (Fig. 100* *p*), deren röthlichbraune Pigmentirung die Grenze zwischen Sehne und Muskelstrang sehr scharf erkennen lässt.

Was die Grössen-, respective Längenverhältnisse dieser Sehne bei den von uns geprüften Thieren betrifft, so misst der derbere hohle Aussenabschnitt bei *Caloptenus* 0·44, der zarthäutige innere Theil 0·35 Mm., und ähnliche Zahlen ergeben sich für die erstere Dimension auch bei *Oedipoda* und *Oxya*, während die ungemein stumpfe Sehne von *Rhomalea* nur 0·18 Mm. misst.

Die relativ längsten spitzstachelförmig ausgezogenen Sehnen, welche gewöhnlich den unteren Trommelfellrand um ein Stück überragen, beobachtete ich bisher bei *Pachytylus stridulus* und *Tryxalis*. Bei letzterer Form ist zugleich der Winkel, den sie mit der Tympanumebene bildet, ein sehr beträchlicher, indem er mindestens 35° beträgt.

Eine lange schlanke Sehne besitzen auch *Parapleurus, Platyphyma, Oedipoda* (Fig. 121 *zu*), sowie *Oxya* (Fig. 118 *zu*), wo sie eine ausgesprochene flache Zungenform hat, wie es scheint, ganz solid ist, und mit ihrer breiten linearen Basis dem vorderen, hier wenig entwickelten Trommelfellrande ansitzt.

Ziemlich stumpf, nur einen breiten flachen Lappen bildend, dessen Spitze den Unterrand des Trommelfelles niemals erreicht, zeigt sich dagegen unser Gebilde bei *Tropidonotus* (Fig. 110*), und *Chorophystes*. Bei *Poecilocera*, sowie bei *Chrotogonus*, deren Trommelfelle bekanntlich auch in anderer Beziehung ganz auffallende Abweichungen darbieten, scheint dasselbe völlig zu mangeln und dürfte sonach wohl auch ein besonderer Tensor tympani vermisst werden.

Faserstrang des Trommelfellspanners.

Minder leicht als die Sehne des Tensor tympani ist der contractile Abschnitt desselben, also der eigentliche Muskel aufzufinden, und habe ich mir, nachdem ich bereits den mit der Sehne zunächst verbundenen Theil kennen gelernt hatte, noch lange vergebliche Mühe geben müssen, um, worauf doch Alles ankommt, seinen übrigen Verlauf und namentlich seine Insertionsstelle zu entdecken.

Zur Präparation eignen sich hier am besten Thiere, die längere Zeit in nicht zu starkem Weingeist lagen, wenn man es nicht etwa vorzieht, die Muskeln durch Behandlung mit Gold- oder Platinchlorid zu härten und zugleich zu färben, zu welchem letzteren Zwecke auch Pikrinsäure ausgezeichnete Dienste leistet.

Um zugleich mit dem Spannmuskel auch die übrigen Organe der Tympanalregion zur Ansicht zu bekommen, mache man, wie dies bei dem in Fig 100 mittelst der Camera luc. entworfenen Präparate geschehen ist, zunächst einen Schnitt unterhalb des hinteren Hüftgelenkes (*p*), führe die Scheere dann längs der Mitte der zweiten Dorsalschiene nach aufwärts (*mn*), fahre über dem Tympanum quer herüber zum Vorderrande der ersten Schiene (*no*) und dieser entlang wieder nach unten, so dass die Pleurae des Metathorax (*u, t*) schief getroffen werden.

Legt man dann das erhaltene Stück in ein Uhrschälchen, bespritzt mit Wasser, entfernt unter dem Präparirmikroskope die locker gewordenen Fragmente der Geschlechtsdrüsen und des Fettkörpers und schlägt die das Trommelfell und dessen weitere Umgebung bedeckende innere Tracheenblasse (*iBl*) nach oben zurück, so bietet sich eine schöne Übersicht über die gesammte Hautmusculatur dieser Gegend.

Da der Tensor tympani, der uns hier zunächst interessirt, die gerade Fortsetzung seiner Sehne bildet, so hat es, wenn man diese einmal kennt, weiter keine Schwierigkeit, den Muskel näher zu verfolgen, wenn er auch von den benachbarten Theilen etwas verdeckt erscheint.

Er stellt, als Ganzes betrachtet, einen flachen, fast bandartigen Strang (*TM*) dar, der schmal beginnt und gegen seine Ansatzstelle (*I*) zu sich schwach flügelartig verbreitert, und zwar in der Weise, dass die Verbreiterung fast senkrecht auf dem Integumente aufsteht, ihm also die Randkante zukehrt.

Wenn wir zunächst die Chitinsehne mit dem Ursprunge des Spannmuskels isolirt darstellen (Fig. 100*), so sehen wir, dass der letztere aus wenigstens 20 Primitivfasern sich zusammensetzt, von welchen die weitaus grössere Mehrzahl am vorderen Rande der Sehne entspringt, wobei namentlich die fransenartigen, nach Entfernung des Pigments durch Kalilauge sichtbar werdenden Fortsätze der zungenförmigen Platte vortreffliche Haltpunkte darbieten.

Um ferner die Insertionsstelle unseres Muskels auch äusserlich genau zu fixiren, braucht man nur die Präparirnadel durch das Integument durchzustechen. Man kommt dann auf eine unansehnliche schmale aber ziemlich derbe Falte (Fig. 133 *m*), unmittelbar hinter dem Hüftgelenke und über der weichen elastischen faltenartig eingeschlagenen Gelenkshaut zwischen der Dorsal- und Ventralschiene des zweiten Abdominalsegmentes (*g*).

Da sich die Haut der Acridier, und zwar ist hier zunächst *Caloptenus* ins Auge gefasst, zwischen den bezeichneten Endpunkten des fraglichen Muskels beträchtlich hervorwölbt, so liegt dieser keineswegs, wie man auch bei der Präparation sich überzeugt, der Haut an, sondern bildet gewissermassen, wie das schematisch in Fig. 102 *TM* dargestellt ist, die Sehne der hier in Rede stehenden bogenförmigen Integumentwölbung. Da nun aber diese Sehne, wie oben nachgewiesen worden ist, nicht in die Ebene des Tympanums fällt, sondern am vorderen Rande derselben unter einem ganz beträchtlichen Winkel angreift, so unterliegt es weiter gar keinem Zweifel mehr, dass jedesmal, wenn sich unser Muskel contrahirt, die Angriffsstelle, also zunächst der Stigmahöcker und mit diesem auch das Trommelfell selbst nach innen gezogen und damit stärker gespannt werde.

Dass dem wirklich so sei, kann man auch durch den Versuch nachweisen. Zieht man nämlich mittelst einer sehr feinen Pincette das früher durch Abtragung des Integuments entblösste Insertionsende, also den Bauch unseres Muskels an, so zieht sich das Trommelfell in seiner Höhle tiefer nach innen zurück, und dasselbe Resultat erhält man, wenn man den oben bezeichneten Wulst, an dem sich der Spannmuskel befestigt, mit der Pincette anzieht.

Man könnte aber vielleicht einwenden, dass unser Tensor tympani ein sogenannter Dorso-Ventralmuskel sei, dem die Aufgabe zufällt, behufs der Exspiration die Bauch- und Rückenschiene einander zu nähern. Darauf muss ich aber erwidern, dass diese Muskeln, wie man sich an Totalquerschnitten dieser Körpergegend überzeugen kann, an der nach innen eingeschlagenen Gelenkshaut der Ventralschiene sich ansetzen, und dass zu diesem Behufe auch am Tympanal- sowie am folgenden Segmente besondere Faserstränge (Fig. 100 *K*) vorhanden sind.

Zudem muss ich noch darauf hindeuten, dass ja die mit dem Tensor tympani verbundene Sehne selbst das Tympanum als die Stelle bezeichnet, welche in Bewegung gesetzt werden soll, wobei übrigens selbstverständlich ein geringerer Grad von Ortveränderung auch für die Insertionsstelle nicht ausgeschlossen wird [1].

---

[1] O. Schmidt spricht in ganz allgemeiner Weise von Muskeln, „durch welche die Schenkel (der Trommelfelleinfassung) einander genähert und die Spannung des Trommelfelles gemindert werden kann“. Nach unserer Erfahrung lässt sich ein solcher Ausspruch nicht rechtfertigen.

Andere Fragen dagegen, z. B. unter welchen Umständen der Spannmuskel in Thätigkeit ist, und mit welcher Energie dieselbe erfolgt, müssen wir späteren Untersuchern zur Beantwortung überlassen.

Tabelle III.

Über die äusseren Trommelfellgebilde der Acridiodeen.

(Grössenmasse in Millimetern.)

Name des Thieres	Geschlecht desselben	Länge des Körpers = K	Länge der Tympana = T	$\frac{K}{T}$	Neigung der Tympana	Bedeckung der Tympana	Form der unteren Trommelfellleiste	Länge des birnförmigen Körperchens	Länge des Stigmas	Länge des zapfenartigen Geb.
Tryxalis nasuta L.	♀	80	3·0	17	50°	1/3 von oben (*vo.*)	lappenf. Spitze nach hinten ger.	0·169 breit (b)	0·44	0·124
Tropidacris cristata L.	♂	77	4·1	19	5	apertum(*ap.*)hinten(*h.*)schwache Krempe	schwach leistenförmig	fehlt	.	.
Chorophystes sordidus Serv.	♀	70	3·0	23*	10	*ap. o* u. *h.* starke Krempe	schwach leistenförmig	0·142(b.)	0·53	.
Acridium succinctum Fabr.	♀	65	3·8	17	.	.	.	.		.
Acridium tartaricum L.	♂	50	3·2	18	45	1/4 *vo. h.* starke Krempe	leistenförmig	.	.	.
Poecilocera sanguinolenta Serv.	♀	50	2·5	20*	0	*ap.*	leistenförmig	fehlt	.	.
Cuculligera hystrix	♀	48	3·5	14	5	*ap.* schwache Krempe	schwach lappenförmig	fehlt	.	.
Pachytylus nigrofasciatus Latr.	♀	48	3·0	16	45	1/3 *vo. h.* starke Krempe	gross lappenf.	.	.	.
„ *migratorioides* Rch.	♂	45	3·0	15	.	.	s. gross lappenf.	.	.	.
Tropidonotus discoidalis Serv.	.	45	3·3	14	.	.	.	0·143 längl. (l)	0·66	0·18
Dictyophorus centurio Stoll.	♂	40	4·0	10*	0	*ap.*	.	fehlt	.	.
Pachytylus stridulus L.	♀	38	3·0	13	50	1/4 *vo. h.* st. Kr.	leistenförmig	0·062	.	.
Stetheophyma variegatum Sulz.	♀	35	3·0	12	40	1/5 *vo. h.* st. Kr.	leistenförmig	.	.	.
Pezotettix alpina Koll.	♀	34	2·0	17	5	*ap. h.* sch. Kr.	schwach leistenförmig	0·035(b.)	0·266	0·055
Caloptenus italicus L.	♀	32	2·8	12	30	1/4 *vo h.* st. Kr.	beilförmig	0·089	.	.
Parapleurus typus Fisch.	♀	30	2·0	15	30	1/6 *vo. h.* Kr.	leistenförmig	.	.	.
Stauronotus cruciatus	.	30	2·2	14	70	1/2 *vo.*	leistenförmig	0·089(l.)	.	.
Epacroncia thalassina Chp.	♀	28	2·5	11*	.	.	beilf. nach hinten vorspr.	.	.	.
Oedipoda coerulescens Burm.	♀	28	2·4	12	30	1/3 *vo.* und *h.*	leistenförmig	.	0·487	0·087
Pachytylus stridulus L.	♂	27	2·5	11*	35	.	leistenförmig	0·062	.	.
Paracinema bisignatum Chp.	♂	27	2·3	12	40	1/2 *vo.* und *h.*	leistenförmig	.	.	.
Stenobothrus pratorum Fieb.	♀	26	1·6	16	20	1/2 *vo.*	leistenförmig	0·053	0·221	0·062
„ *lineatus* Pauz.	♀	24	1·8	13	60	4/5 *vo.*	beilf. gerade	.	.	.
„ *variabilis* Fieb.	♀	23	1·8	13	60	3/4 *vo.*	beil- bis halbmondf.	.	.	.
Chrysochraon brachyptera Oks.	♀	23	1·0	23*	.	1/2 *vo.*	kurz leistenf.	0·08	0·35	0·091
Gomphocerus sibiricus L.	♂	20	1·5	13	60	1/2 *vo.* und *h.*	.	.	.	.
Chrotogonus lugubris Blanch.	♀	20	0·35	57**	0	*ap.*	.	0·018(l.)	0·22	0·035
Stenob. viridulus L.	♂	18	1·4	13	60	4/5 *vo.*	fast lappenf. nach vorne ger.	.	.	.
Oxya velox	.	.	1·8	.	10	*ap.*	.	0·098(b.)	.	.
Platyphyma Giornae	.	18	0·87	21*	5?	*ap. h.* sch. Kr.	sehr schwach leistenf.	0·06(l.)	0·22	.

III. Die tympanalen Tracheengebilde.

In ganz ähnlicher Weise wie am Tympanalapparat der Diplogasteren sehen wir auch das Trommelfell der Acridier mit umfangreichen blasenartigen Erweiterungen des respiratorischen Röhrennetzes in Beziehung treten, ein Verhalten, das nach den bisher hierüber verlautbarten Ansichten auf eine nähere Betheiligung an den durch diese Organe vermittelten Leistungen hindeuten soll.

Das Ziel, was wir uns in dieser Richtung hier zunächst setzen, ist hauptsächlich ein morphologisches, d. h. wir wollen sehen, ob und in wie weit die fraglichen Tracheengebilde mit Einschluss der Stigmen als besondere Einrichtungen, respective Adaptirungen der Tympanalregion zu nehmen sind, und wie es mit dem Bezug derselben zu den übrigen, unzweifelhaft wesentlicheren Theilen unseres Sinnesapparates bestellt sei.

Stigmen.

Das hart am Vorderrande des Tympanums gelegene, und, wie oben schon bewiesen worden, entschieden nicht dem Metathorax, sondern dem Tympanalmetamer selbst angehörige Stigma wurde schon von Degeer [1] als „kleines ovales Loch, in das man ohne Widerstand ein spitzes Instrument einstecken kann", beschrieben und gezeichnet. Später machte besonders Siebold darauf aufmerksam, nach dessen Darstellung zu urtheilen dasselbe eine von allen übrigen Athemlöchern der Acridier abweichende specifische Bildung besässe, indem ihm nach seiner Meinung „die beweglichen hornigen Lippenwülste" fehlen sollten, welche sowohl den Thorax- als den übrigen Abdominallüftern zukämen.

Sehen wir uns nun, um die Richtigkeit dieser Angabe zu prüfen, die einzelnen Acridierstigmen der Reihe nach genauer an.

Das vorderste von den Seitenlappen des Pronotums bedeckte und mit der Aussenwelt nur nach hinten durch einen engen Spalt communicirende Athemloch liegt ungefähr in der Höhe des Tympanums, und gehört unstreitig dem Epimerum des Prothorax und nicht (wie Siebold und Andere angegeben) der Gelenkshaut zwischen Meso- und Metathorax an und stimmt hinsichtlich seines Baues im Wesentlichen bis auf die auch bei den Diplogasteren beobachtete grössere Länge seiner Vorderlippe mit dem folgenden Stigma überein.

Dieses (Fig. 101, 103 und 133 st_2) liegt beträchtlich tiefer als das erstere, nämlich am unteren Ende des Mesothorax-Epimerums, hart über dem Hüftgelenk und vor der die Grenze zwischen Mittel- und Hinterbrust bezeichnenden Längsleiste (Fig. 128*ab*).

Dass das zweite Athemloch wirklich dem Mesothorax selbst, und nicht wie Siebold angibt, einem „kleinen ovalen Raum angehört, den der in einer Naht dicht aneinanderstossende Meso- und Metathorax dort übrig gelassen, beweist uns am schlagendsten sein Verhalten bei *Tryxalis nasuta,* bei welcher Form das Epimerum sich nach unten und hinten in einen kleinen durch Nichts von der übrigen Partie abgegrenzten lappenartigen Fortsatz verlängert, in dessen Mitte unser Stigma gelegen ist. Das von Siebold bezeichnete und auch von uns bei den meisten Acridiern wahrgenommene ovale oder (vergl. Fig. 128) besser dreieckige kleine Epimerumfeld, auf dem das Stigma liegt, und das, wie wir gleich beisetzen, ganz und gar mit dem tympanalen Stigmafeld (Fig. 120 und 116*a*) übereinstimmt, kommt dadurch zu Stande, dass von der Hinterleiste des Epimerums (*ab*) nach vorne zwei ziemlich derbe Wülste ausgehen, die mit der eben bezeichneten Hautfalte eine Art Rahmen bilden, an welchem sich die zarte Gelenkshaut befestigt, welche den Stigmamund rings umgibt. Letzterer wird, wie dies Siebold ganz richtig erkannt hat, von zwei, äusserlich stark hervorragenden „Lippenwülsten" gebildet, die, namentlich am athmenden Thiere, den Schalen eines winzigen nach oben klaffenden Muschelgehäuses gleichen, indem sie wie diese, rythmisch auf- und zuklappen.

Der ganze Tracheen- oder besser Stigmenverschlussapparat, mit dem wir es hier zu thun haben, verdient noch eine ausführlichere Besprechung, da er, namentlich was die contractilen Bestandtheile anlangt, von der

---

[1] A. a. O. p. 306.

durch Landois [1] als allgemein giltig sein sollenden Norm beschriebenen Einrichtung sehr wesentlich abweicht und namentlich auch im Vergleiche mit dem entsprechenden Verhalten am Tympanalstigma sich nicht uninteressant erweist.

Was zunächst die chitinösen Theile des Stigmenmechanismus betrifft, so erkennt man nach vorheriger Behandlung desselben mit kochender Kalilauge Folgendes:

Der früher als Vorderlippe bezeichnete Theil (Fig. 128 *v*) stellt (bei *Caloptenus* und *Acridium*) einen derben, bräunlichen, halbmondförmigen, gegen das Stigmalumen zu etwas ausgehöhlten Wulst dar, während die zarte durchsichtige Hinterlippe (*h*) die Gestalt eines gewölbten Deckels hat, dessen freier Vorderrand beim Schliessen der Lippen ein wenig über die Vorderlippe hinübergreift. Beide Lippen sind am oberen Ende durch ein dünnes elastisches Band mit einander verknüpft, während das untere, angeschwollene Ende der Vorderlippe frei nach innen hervorragt. Wie man sich beim lebenden Thier sowohl als auch durchs Experiment überzeugen kann, bildet die Vorderlippe einen um das erwähnte Gelenksband als Axe drehbaren Hebel, der, wenn er nach hinten (in der Richtung *ad*) gezogen wird, unter die deckelartig vorragende Hinterlippe zu liegen kommt, wodurch der Eingang in die Trachea völlig abgesperrt wird. Gleichzeitig mit dieser Bewegung der Vorderlippe wird auch die Hinterlippe, also der Stigmenmund als Ganzes, ein wenig um den gedachten Punkt gedreht, was ja bei der Nachgiebigkeit der schlaff im Rahmen des Stigmafeldes ausgespannten Gelenkshaut (*g*) leicht möglich ist.

So weit stimmen unsere Untersuchungen mit dem von Landois aufgestellten Schema des Tracheenverschlusses vollkommen überein.

Wesentlich anders gestaltet sich aber die Sache betreffs der Verschlussmuskel. Nach Landois gäbe es nämlich an jedem Verschlussmechanimus nur einen einzigen Muskel, und zwar einen solchen, durch dessen Contraction der Verschlusshebel (hier die Vorderlippe) dem Verschlussbügel (Hinterlippe) genähert wird, während die Öffnung des durch den Muskel verschlossenen Apparates, nach dem Aufhören seiner Contraction, „durch die federnde Elasticität" des aus der Ruhelage gebogenen Verschlusshebels erfolgen soll.

An den Stigmen der Acridier dagegen findet sich ausser dem strenge so zu nennenden Verschlussmuskel (*ad*), den ich Adductor heissen will, noch ein zweiter (*ab*), der im gleichen Punkte mit dem ersteren angreift, aber mit der Richtung dieses Muskels einen stumpfen Winkel bildet, und sonach, wie auch der Versuch bestätigt, als Abductor fungirt, der die „federnde Elasticität" der chitinösen Verschlussgebilde gewissermassen zu unterstützen hat.

Das Tympanalstigma, auf das wir nun übergehen, scheint bei oberflächlicher, bloss äusserlicher Beobachtung in der That sehr wesentlich von den beiden vorderen oder thoracalen Athemlöchern abzuweichen.

Es stellt sich nämlich als eine einfache längliche Vertiefung auf der Spitze des mehrerwähnten hügelartig angeschwollenen und bei *Cucculligera* z. B. (Fig. 135 a_1) stark runzeligen Stigmafeldes dar, so dass Siebold's Angabe, dass diese Respirationspforte stets offen stehe, leicht erklärbar wird.

Wird aber das tympanale Luftloch an seiner inneren Seite einer genaueren Untersuchung unterzogen, so bietet sich mit dem Verhalten der beiden Bruststigmen eine sehr merkwürdige Parallele dar, es kann nämlich kurzweg als ein nach innen umgestülptes Mesothoraxstigma bezeichnet werden, insoferne seine beiden als Verschlusskegel und Verschlusshebel fungirenden Lippen, die an den Brustlüftern äusserlich angebracht sind, hier nach einwärts gerichtet sind, während die beiden Verschlussmuskel im Allgemeinen dieselbe Lage wie am Thorax besitzen, und nur hinsichtlich ihrer Form und Stärke etwas abweichend sich verhalten.

Die einzelnen Bestandtheile des tympanalen Verschlussapparates betreffend, spricht sich im Bau des Verschlussbügels (Fig. 124 *VB*) die grösste Übereinstimmung mit dem homologen Gebilde der Thoracalstigmen aus. Er bildet einen mehr oder weniger bisweilen (*Chrotogonus* Fig. 123 *VB*) fast taschenartig ausgehöhlten Deckel, der mit dem der Hauptsache nach ähnlich gestalteten, nur etwas schmäleren und derberen

---

[1] Dr. H. Landois u. Thelen: Der Tracheenverschluss bei den Insecten. Zeitschr. f. wiss. Zoologie, 17. Bd.

Verschlusshebel eine Art Tracheenvorhöhle einschliesst, die durch die Stigmenöffnung in unmittelbarem Contact mit der äussern Luft steht.

Als verhältnissmässig seltenes Vorkommniss ist am freien gegen das Lumen der Stigmenhöhle gekehrten Rande des Verschlussbügels ein Besatz mit längeren Haaren zu erwähnen (*Rhomalea* und *Chrotogonus* Fig. 123), der ohne Zweifel wie die ähnlichen aber meist viel vollkommeneren Einrichtungen an den Stigmen anderer Insecten die Bestimmung hat, fremdartige, die Athemluft verunreinigende feste Körpertheilchen vom weiteren Vordringen in das Tracheennetz abzuhalten.

Gewöhnlich erscheint der freie Rand des Verschlussbügels etwas, oft leistenartig, verdickt, während der der Stigmenöffnung zugekehrte sackartige und meist etwas längsgestreifte Theil aus einer dünneren nachgiebigen Haut besteht. Am Verschlusshebel des Tympanalstigmas ist im Vergleich zum Bau desselben an den Athemlöchern der Brust der grosse dem Tympanum zugekehrte meist kegel- oder fingerartige freie Fortsatz (Fig. 130, 123 und 114 *Kl*) hervorzuheben, der den beiden Verschlussmuskeln, die hier angreifen, gewissermassen zur Handhabe dient, und der unter anderem bei *Tropidacris*, *Cucculligera* und namentlich bei *Oxya* (Fig. 118) stark entwickelt ist und beträchtlich in die gespannte Membran hinein vorspringt, während er bei *Chrotogonus*, wo die das Stigmafeld vom Tympanum trennende Hautfalte überhaupt eine beträchtliche Breite angenommen hat, von diesem sich ziemlich entfernt hält und auch sonst durch seine mehr knopfartige Form vom normalen Verhalten beträchtlich sich unterscheidet.

Die Verbindung der beiden Stigmenlippen ist hier eine ganz ähnliche wie am Mesothorax und dasselbe gilt hinsichtlich der Bewegungsfähigkeit des Verschlusshebels.

Was die Grösse (Länge) des inneren tympanalen Stigmenmundes betrifft, so ist dieselbe keineswegs mit jener des Tympanums in Beziehung zu bringen. So erscheinen z. B. die Tympanalstigmen von Tryxalis mit einer Länge von nur 0·44 Mm. gewiss sehr klein gegenüber den homologen Gebilden von *Oedipoda*, welche 0·49 Mm. messen.

Ein besonderes Interesse nehmen unzweifelhaft die tympanalen Verschlussmuskel in Anspruch.

Bei der überwiegenden Mehrzahl wurden deren zwei beobachtet, nämlich ein Adductor (Fig. 100 und Fig. 124 *ad*), der das Stigma, respective das an den Rändern seiner Lippen entspringende Tracheenrohr schliesst und sein Antagonist, der Abductor (*ab*), der die Arbeit der ersteren wieder aufhebt.

Der Erstere, also der Verschlussmuskel im engeren Sinne, ist von relativ geringer Länge, aber ziemlich beträchtlicher Dicke, inserirt sich aber niemals, wie dies L a n d o i s bei den Orthopteren als Regel angibt, an den Stigmenlippen selbst, sondern oberhalb des Luftloches in der Nähe des vorderen Tympanumrandes entweder wie z. B. bei *Stauronotus* (Fig. 124) an einer kleinen schmalen Querleiste (*i*) oder (*Cucculligera*) an einem zapfenartigen Vorsprung (Fig. 130 *i*)[1].

Die Form des Verschlussmuskels lässt zwei sehr scharf von einander sich unterscheidende Modificationen erkennen, die, wie es scheint, auch physiologisch bedeutsam sind.

Bei der Mehrheit der von uns beobachteten Formen erscheint der Adductor als ein schmales, gegen die Ansatzstelle zu gar nicht (*Stauronotus*) oder nur ganz wenig (*Pachytylus*, *Coloptenus* Fig. 100, *Oedipoda* u. s. w.) sich verbreiterndes Band.

Bei einigen anderen, grösstentheils exotischen Familien angehörigen Thieren aber, z. B. *Chrotogonus* (Fig. 123), *Poecilocera* (Fig. 114), *Oxya* (Fig. 118), *Tryxalis* und (?) *Parapleurus* breitet sich der Verschlussmuskel bald nach seinem Ursprung flügelartig aus, und scheint zugleich bei beträchtlich zunehmender Zahl seiner Primitvfasern eine grössere Stärke zu erlangen, was, da z. B. *Chrotogonus* nur stummelartige Oberflügel besitzt, keineswegs mit der Flugfähigkeit, sondern eher mit dem Umstande in Zusammenhang gebracht werden darf, dass nach meinen bisherigen Erfahrungen, die mir wegen der schlechten Conservation der

---

[1] Wie man sieht, passt B u r m e i s t e r's Beschreibung seines Tensor tympani ganz und gar auf unseren Tracheenverschlussmuskel, und dürfte sonach auch das von ihm erwähnte gewisse braune Hornstück am Vorderrande des Tympanums mit dem griffelartigen Fortsatz des Verschlusshebels oder der Sehne des Adductor zusammenfallen.

betreffenden Objecte zwar etwas bedenklich vorkommen, diesen Acridiern, und speciell *Chrotogonus, Oxya* und *Poecilocera,* der Antagonist des Verschlussmuskels gänzlich zu fehlen scheint.

Letzterer, mit Ausnahme von *Parapleurus* von mir bei sämmtlichen einheimischen Acridiern nachgewiesen, zeichnet sich vor dem Adductor hauptsächlich durch seine grössere Länge aus.

Leider ist es mir bisher noch nicht gelungen seinen Ansatzpunkt mit Sicherheit zu ermitteln.

Ich weiss nur, dass er (Fig. 100 und 124 *ad*) in Gestalt eines dem Adductor gleichenden schmalen Stranges den Tensor tympani eine beträchtliche Strecke unter das Trommelfell hinab begleitet, und, wenn die an Spiritusexemplaren von *Stauronotus* gemachten Beobachtungen der Wirklichkeit entsprechen, mit demselben hart unterhalb der zungenförmigen Sehne zu einem gemeinsamen Strange sich vereinigt.

Was den durch die Contraction der beiden Stigmenmuskel bewirkten Effect anlangt, so lässt sich zunächst durch das Experiment (bei *Pachytylus stridulus*) Folgendes constatiren:

Bei der Verkürzung des Abductors wird die innere Stigmenspalte etwas erweitert und zugleich der gesammte Verschlussaparat etwas nach abwärts gedreht, wobei das Gelenksband als Axe dient. Beim Anziehen des Adductors dagegen wird der Verschlusshebel dem Verschlussbügel derart genähert, dass die innere Spaltöffnung völlig geschlossen, respective das Tracheenrohr fest zusammengekneipt wird. Zerreisst man das sogenannte Verschlussband, so wird beim Anziehen des Adductors nur der Verschlusshebel allein bewegt, während der Bügel ruhig bleibt. Dem entsprechend beobachtet man am lebenden Thiere, dass die innere Spalte unter- (respective inner-) halb der äusseren Öffnung, wie ein Weberschiffchen unausgesetzt hin- und hergeht, und gleichzeitig sich rythmisch verengt und erweitert.

Hinsichtlich der noch ausständigen übrigen Abdominalstigmen können wir uns sehr kurz fassen. Sie gleichen in ihrem gesammten Baue völlig dem Tympanalstigma, mit dem das zweite Hinterleibsluftloch (Fig. 100, 133 und 121 a_2) auch betreffs seiner Grösse übereinstimmt, während die folgenden hierin eine successive Abnahme erkennen lassen, so dass also Siebold's Angabe, nach der die posttympanalen Stigmen betreffs der Verschlusslippen mit den thoracalen oder praetympanalen Lüftern übereinstimmten, entschieden als irrthümlich bezeichnet werden muss.

Aus dem Umstande, dass, wie sich gezeigt hat, das Tympanalstigma in keiner Beziehung eine Ausnahmsstellung beanspruchen darf, sondern die allen Luftlöchern des Abdomens gemeinsame durch innere Verschlusswülste und zwei antagonistische Muskel charakterisirte Grundform besitzt, dürfen wir uns wohl schon im Voraus den Schluss erlauben, dass es mit den daraus hervorgehenden Tracheengebilden sich ähnlich verhalte[1].

Tracheen.

Die dem Trommelfell nach innen anliegende blasenartige Tracheenerweiterung scheint zuerst von Burmeister beobachtet worden zu sein, der sie, in Übereinstimmung mit seiner Ansicht über die Bedeutung des Trommelfelles, als eine Art Resonanzhöhle in Anspruch nahm.

Siebold beschreibt ausser den „grösseren Tracheenästen", die aus dem Tympanalstigma hervorgehen, auch eine sehr ansehnliche Tracheenblase, welche sich dicht hinter dem Trommelfelle ausbreitet und dessen ganze hintere Fläche einnimmt, und die er dem „Cavum tympani" mit der „Tuba Eustachii" vergleicht.

Nach Leydig's Darstellung soll diese Blase „bis auf die Stelle, wo das Ganglion des Acusticus sich an den Hornknopf anlegt", mit dem Trommelfell (also mit unserem vorderen rauhen Tympanalfeld) verwachsen sein. Etwas Ähnliches behauptet auch Hensen, indem er sagt, dass „die grosse Tracheenblase, namentlich in dem weiteren Umkreis des Vereinigungshöckers fester mit dem Trommelfell vereint" sei. Seine diesbezügliche Darstellung in Fig. 17 beweist indess, dass er über die Tracheenblase so wenig im Reinen wie seine Vorgänger war.

---

[1] Die Beantwortung der Frage, oder wenigstens der Versuch einer solchen, welche Bedeutung dem so auffallenden Gegensatze in der Lage der Verschlusslippen an den Thoracal- und Abdominalstigmen beizumessen sei, und ob sie vielleicht durch Anpassung auseinander abzuleiten sind, gehört nicht hierher. Jedenfalls ist ihre Function eine verschiedene.

Wie aus der in Fig. 121 mit der Camera lucida gezeichneten Darstellung zu ersehen ist, entspringt aus dem Tympanalstigma zunächst ein ganz kurzes, senkrecht nach innen gerichtetes Luftrohr, das sich in drei Hauptstämme theilt, nämlich in ein grosses bald nach seinem Ursprung abermals in drei Äste zerfallendes vorderes Rohr für den Metathorax (*Tr*), in ein kleineres oberes (Tr_3), und in ein unteres Rohr (tr_4), welche beide letztere im Tympanalsegment selbst sich ausbreiten. Aus kurzen Anastomosen der eben genannten zwei Tracheenäste entspringt dann hart hinter dem Stigma eine umfangreiche Tracheenblase (*aBl*), der sich im selben Segmente nach innen zu noch eine zweite anschliesst.

Schneidet man mit der Scheere die abdominale Rückendecke eines lebenden Acridiums ab, so erscheint mit Ausnahme einer kleinen dorsalen Furche zur Aufnahme der nach vorne sich verlängernden Geschlechtsdrüsen der gesammte Zwischenraum zwischen den beiderseitigen Trommelfellen ausgefüllt von vier umfangreichen Tracheenblasen, die sich rythmisch erweitern und zusammenziehen, und dasselbe lehren uns tympanale Querschnitte (Fig. 102 und 125), wo auf jeder Seite zwei Tracheensäcke (*aBl* und *iBl*) unterschieden werden können, die sich aber keineswegs blos auf die Tympanumfläche beschränken, sondern, wie bezüglich der äusseren Blase am deutlichsten der mit der Camera lucida entworfene Querschnitt in Fig. 127 besagt, auch in die mit Muskeln und Fettgewebe erfüllte Tympanalfalte (*TF*) eindringen und sich zugleich auch auf den Vordertheil des zweiten Abdominalsegmentes (s_2) ausdehnen, also über die betreffende Schuppennaht (*m*) hinübergreifen.

Dasselbe ergibt sich auch bei dem theilweise schon früher besprochenen in Fig. 100 abgebildeten Präparat. Von innen nach aussen gegen das Trommelfell fortschreitend, stösst man nach Hinwegräumung des Fettkörpers auf eine verhältnissmässig dickwandige, bei auffallendem Lichte gelblich erscheinende, ganz frei liegende Tracheenblase (*iBl*), die in unserer Figur über das Tympanum zurückgeschlagen ist, aber im wirklichen Zustande beträchtlich unterhalb desselben herabsteigt, worauf sich erst die strenge so zu nennende Tympanalblase (*aBl*) zeigt, die ganz durchsichtig, glatt und dünnwandig ist, dem Trommelfell sich innig anschmiegt, und gewöhnlich, von geringfügigen Falten ihrer Wandungen abgesehen, nur daran bemerkt wird, dass die gewissen bräunlichen Verdickungen des Trommelfelles durch dieselbe hindurch nur undeutlich zum Vorschein kommen.

Dass diese äussere tympanale Tracheenblase, wie ich sie kurz nennen will, mit dem Tympanum selbst aber nirgends verwachsen ist, wie dies Leydig und Hensen angibt, sondern höchstens bei todten Exemplaren theilweise damit verklebt erscheint, beweist unter Anderem schon der Umstand, dass sie, wenn man das Trommelfell irgendwo durchsticht, in Folge des dadurch beseitigten Hindernisses für ihre äussere Ausdehnung bei jeder Inspiration in Gestalt einer birnförmigen Blase aus derselben nach aussen hervortritt, um sich bei der allgemeinen Zusammenschnürung des Hinterleibes wieder in das Innere des Körpers zurückzuziehen, sowie es denn auch bei einiger Vorsicht ganz leicht gelingt, die Tympanalblase beim frischen Thiere zu isoliren.

Nicht uninteressant ist die Beobachtung, dass nach Hinwegnahme des Trommelfelles und des damit verbundenen Stigmas die äussere unbeschädigt gebliebene Tracheenblase ihre Bewegungen keineswegs einstellt, ein Beweis, dass die Luftfüllung derselben nicht blos vom Tympanalstigma allein abhängt, sondern durch die folgenden Luftlöcher ersetzt werden kann.

Was nun die Tracheengebilde der nächstfolgenden Abdominalsegmente anlangt, so stimmen dieselben ganz entsprechend ihren Stigmen (vergl. z. B. Fig. 100 a_2 mit a_1) bis in das kleinste Detail mit denen der Tympanalregion überein. Durchaus findet man an jedem Segment ausser einer grösseren Tracheenblase (Kl_2) noch einige, meist zwei, von kleinerem Umfang an jeder Seite, und übertreffen sogar die Tracheenaussackungen des dritten Segmentes, wie wir uns bei *Oedipoda* auf das genaueste überzeugten, jene des ersten die Trommelfelle enthaltenden Metamers.

Aus dem Mitgetheilten ergibt sich wohl zur Evidenz, dass die Tracheenblasen der Tympanalregion nichts weniger als specifische Einrichtungen des Trommelfellapparates sind, sondern in erster Linie unzweifelhaft als aërostatische Gebilde in Verwendung kommen, deren Anwesenheit

auch bei den heutzutage flügellosen Formen mir nur zu beweisen scheint, dass dieselben ursprünglich gleichfalls mit functionsfähigen Flugorganen ausgestattet waren.

IV. Das tympanale Nervenendorgan.

Die Entdeckung der auf eine Sinnesfunction hindeutenden Nervenendausbreitung am Tympanalapparat der Acridier ist unstreitig J. Müller's Verdienst, und deshalb dürfen wir wohl der Zustimmung auch späterer Zoologen sicher sein, wenn wir dieselbe künftig als Müller'sches Endorgan bezeichnen, trotzdem uns eigentlich erst Siebold mit dem Baue desselben näher bekannt gemacht hat.

J. Müller beobachtete bei *Gryllus hieroglyphicus* an der Innenfläche des Trommelfelles „ein sehr feinhäutiges, längliches, gegen 2''' grosses, mit Wasser gefülltes Bläschen, das mit seiner einen Extremität die Membran bedeckt, mit seiner andern nach abwärts gerichtet ist, und welches bei eigener Ansicht nicht mit einem Luftsack zu verwechseln ist". Am vorderen oberen an der Membran anliegenden Theile dieses fraglichen Bläschens befestigt sich ein Nerv, der vom stärksten Ganglion der abdominalen Nervenkette dieser Thiere nämlich vom dritten Brustknoten und zwar als der fünfte Seitenast desselben entspringt.

v. Siebold, geht zunächst vom Wasserbläschen aus. Er beschreibt dieses „äusserst zarthäutige, von einer hellen Flüssigkeit erfüllte Gebilde", das nach seiner Angabe bei unvorsichtiger Präparation leicht berstet und sich dann leicht der Beobachtung entzieht, als einen „schneeweissen Strang" [1], der, mit breiter Fläche vom Vorderunterrand des Trommelfelles ausgehend (vergl. s. Fig. 3), in der Nähe des zapfenartigen Trommelfellhöckers einen „Wulst" bildet, „von dem nach oben zwei weissgefärbte Fortsätze ausgehen, deren kürzerer und stärkerer sich an das obere Ende des zweischenkeligen Hornstückes inserirt, während der andere längere aber dünnere Fortsatz in einem sanften Bogen bis zu dem kleinen dreieckigen Hornstücke läuft".

Schneidet man (von aussen her), fährt Siebold fort, vom Trommelfell und seiner Anschwellung, mit der das Wasserbläschen innig verbunden ist, so viel weg, um das letztere überschauen zu können, so erkennt man, dass dieses Bläschen eine ansehnliche Nervenmasse dicht bedeckt. Siebold erkannte nämlich, dass der Müller'sche Nerv, „während er unter (also auf der dem Körperinneren zugekehrten Seite) dem Wasserbläschen fortläuft, nach und nach anschwillt und in der Nähe des zapfenartigen Fortsatzes plötzlich in ein cylinderförmiges und verhältnissmässig grosses Ganglion übergeht", das mit einem stumpf abgerundeten Vorderende in der Aushöhlung des erwähnten Zapfens verborgen wäre. Das bei durchfallendem Lichte „schmutziggelb" erscheinende „wahrscheinlich auch in das Innere eingestreute Pigment" verhinderte Siebold, die feinere Structur desselben zu erkennen. Er bemerkte blos einige grössere Kerne, die er ganz richtig als Bestandtheile von Ganglienzellen ansprach. Der vordere wasserklare Abschnitt des Ganglions schien Siebold zusammengesetzt „aus sehr zartwandigen Ganglienkugeln, die leicht ineinander fliessen; er entdeckte auch in dieser Partie (vergl. s. Zeichnung Fig. 6) ähnliche Kerngebilde wie im hinteren pigmentirten Theile.

Ausserdem beobachtete Siebold in diesem Endabschnitt des Ganglions bei 30 sämmtlich gleich grosse, hohle, stäbchenartige Gebilde, „die mit ihrer stumpfen, massiven Spitze nach vorne gerichtet sind, und am entgegengesetzten Ende in einen zarten, geraden Faden übergehen, der bis in die vom Pigment verdunkelte Spitze hineinragt". Siebold vermuthet ferner, und zwar mit vollem Recht, wie wir sehen werden, dass diese Stäbchen „die angeschwollenen Enden des zu dem Ganglion übertretenden Nervenastes" seien.

Leydig that in der Erforschung des Müller'schen Organs einen bedeutenden Schritt vorwärts, ohne dass sich ihm aber die Natur dieser Gebilde völlig enthüllt hätte.

Zunächst suchte er nachzuweisen, dass das von Müller und Siebold angegebene Wasserbläschen nicht existire, indem nach seiner Meinung das vom letzteren Forscher als Labyrinth gezeichnete Gebilde gewisser-

---

[1] Es sei hier nur bemerkt, dass ein zarthäutiges, mit wässeriger Flüssigkeit erfülltes Bläschen bei auffallendem Lichte unmöglich weiss erscheinen kann.

massen nur eine durch die mit Luft erfüllte silberglänzende und in mannigfache Falten gelegte tympanale Tracheenblase hervorgerufene Sinnestäuschung wäre.

Das Ganglion bezeichnet Leydig treffend als bisquitförmig und erkennt daran gleichfalls zwei Abschnitte, die in ähnlicher Weise, wie der schwach pigmentirte Nerv selbst, von einer homogenen, kerneführenden Hülle umschlossen werden.

Minder genau ist seine Angabe betreffs der im hinteren pigmentirten Ganglionsegment enthaltenen Formbestandtheile, wo er kleinere und grössere Blasen von hellem Aussehen sowie echte Kerne, letztere besonders am Übergang in den hellen Vorderabschnitt beschreibt und in seiner theilweise äusserst gelungenen Abbildung (Fig. 18) zeichnet.

Sehr wichtig sind Leydig's Beobachtungen namentlich hinsichtlich der feineren Structur der eigentlichen Endausbreitung des Ganglions. „Das Ganglion, sagt er, nimmt hier ein, wenn auch in den zartesten Linien angedeutetes Aussehen an, als ob die Nervenmoleküle in gewisse strangartige Massen sich zusammenfügten, von denen jede, wie der freie Rand beweist, von einer überaus feinen Hülle umgeben ist.“ Dagegen erscheint Leydig's bildliche Darstellung der in den von ihm entdeckten Nervenendschläuchen eingebetteten Stäbchen minder gut, als die von ihrem Entdecker gegebene. Die Zahl derselben schätzt Leydig auf 20 bis 30 in jedem Ganglion, und glaubt ferner, dass die von ihm angenommenen aräolären Räume an der Innenseite des Ganglionhöckers zur Aufnahme der Nervenendschläuche mit ihren Stäbchen dienten.

Fraglich lässt es Leydig, ob „der ganze mit längsmolekulärer Masse angefüllte Nervenendschlauch einer einzigen Nervenprimitivfaser der Wirbelthiere oder einem Bündel von solchen entspreche.

Aus der angegebenen Darstellung Leydig's betreffs dieser Schläuche ist besonders hervorzuheben, dass er dieselben gleich vor dem Stäbchen enden lässt, und dass ihm die nähere Beziehung dieser Endschläuche zu den Formbestandtheilen des hinteren Ganglionabschnittes entgangen ist.

Dem wirklichen Verhalten in mancher Beziehung sehr nahe kommend ist schliesslich die von Hensen[1] gegebene und von ihm selbst als rein schematisch bezeichnete bildliche Darstellung (Fig. 17 *i*) zu bezeichnen, nach welcher das Ganglion dem zapfenförmigen Höcker entsprechend ausgehöhlt wäre, und was unrichtig oder wenigstens nicht ganz richtig ist, sich nicht unmittelbar mit dem Höcker verbände, so dass ein kleiner von einer Art Labyrinthflüssigkeit erfüllter Hohlraum übrig bliebe, welcher nach Hensen die Übertragung der Schallschwingungen vom Trommelfelle auf die (von ihm nicht näher angedeuteten) Stäbchen zukäme.

Der Müller'sche Nerv.

Verlauf. Der von Johannes Müller entdeckte, von den späteren Forschern aber, wie wir oben gehört haben, hinsichtlich seines Verlaufes nicht genauer verfolgte Tympanalnerv (Fig. 100 *N*) spaltet sich hart hinter und etwas über dem Hüftgelenk an der in Fig. 133 mit *n* bezeichneten Stelle in zwei nahezu gleich dicke Äste, von denen der hintere (*MN*), in gerader Fortsetzung des Hauptstammes, zum Tympanalganglion hinaufsteigt, während der vordere (*StN*) zunächst sich etwas nach vorne wendet, um dann gleichfalls in gerader und fast paralleler Richtung mit dem Müller'schen Nerv an die Hinterseite des Tympanalstigmas sich zu begeben, wo er sich an den beiden Verschlussmuskeln in mehrere Äste zertheilt.

Ein wesentlicher Unterschied zwischen den zwei Endausläufern des Tympanalnervs spricht sich nur darin aus, dass der Müller'sche Sinnesnerv von seiner Ursprungsstelle an ganz und gar unverzweigt bleibt, während der Stigmenverschlussnerv an verschiedenen Stellen stärkere Seitenäste entsendet und sich zugleich mit den relativ sehr blassen Zweigen der sog. sympathischen Nerven verbindet. Letztere bilden stellenweise schönzellige Ganglien, wie man ein solches auch nicht weit über der Theilungsstelle des Tympanalnervs beobachtet.

Was den näheren Verlauf des tympanalen oder Müller'schen Sinnesnerven anlangt, so begibt sich derselbe (*Caloptenus, Oedipoda, Pachytylus* etc.) gegen den Ursprung des Tensor tympani, dessen Sehne er unter

[1] A. a. O. p. 203.

einem spitzen Winkel überbrückt. Hinsichtlich des diesbezüglichen Verhaltens bei *Pachytylus* sei nur hervorgehoben, dass der Nerv verhältnissmässig höher oben am vorderen Trommelfellrand auf das Tympanum übergeht, woher es kommt, dass der auf der Trommelfellmembran gelegene Abschnitt relativ weit kürzer als bei den meisten anderen Acridiern erscheint.

Betreffs der Beziehung des Müller'schen Nervs zu seiner Umgebung sei nur hervorgehoben, dass so zu sagen ganz frei dem Tympanum anliegt, was man daraus schliessen kann, dass er nach Hinwegnahme der ihn von innen her bedeckenden Tracheenblase und der Isolirung seiner gangliösen Endigung einfach durch Bespülung mit reichlicher Flüssigkeit weggeschwemmt werden kann.

Im Gegensatze zu Siebold's Angaben, der unseren Nerv gegen das Ganglion zu allmählig anschwellen lässt, muss ich darauf aufmerksam machen, dass derselbe in der Regel (*Caloptenus, Oedipoda* u. s. f.) längs seines ganzen Verlaufes dasselbe Kaliber hat. Eine bemerkenswerthe Abweichung hievon habe ich bisher nur bei *Pachytylus* und *Acridium* studirt, bei welchen Formen sich der Nerv in geringer Entfernung vom Ganglion (Fig. 136 und 131 *MN*) in zwei ungleiche Äste theilt, die, ganz hart nebeneinander herlaufend, entweder jeder für sich in das Ganglion übergehen, oder (*Acridium*) unmittelbar vor demselben sich wieder zu vereinigen scheinen.

Bei *Pachytylus* geschieht diese Trennung des Müller'schen Nervs in zwei Ganglienwurzeln in einer Entfernung von 0·22 Mm. vom Ganglion, also erst innerhalb des *Tympanums*, während die betreffende Spalte bei *Acridium* schon am Vorderrande des Trommelfelles beginnt.

Wie wir sehen werden, entspricht diesem Verhalten — ähnlich wie bei der Feldgrille — auch eine Zweitheilung des Ganglions selbst.

Structur. Der feinere Bau des Müller'schen Sinnesnervs weicht in Nichts von dem der übrigen, gleichgiltig ob sensibeln oder motorischen, Spinalnerven ab. Man unterscheidet daran den Axencylinder, das eigentliche Neurilemma und die accessorische fettreiche Bindegewebshülle. Der Axencylinder lässt keinerlei Theilung in Primitivfasern, sondern nur eine Zusammensetzung aus Primitivfibrillen erkennen, die, namentlich nach längerer Alkoholeinwirkung, welche besonders betreffs der Nervenhüllen schöne Bilder gibt, den Eindruck streifenartig geordneter Körnchen hervorrufen.

Das eigentliche oder innere Neurilemma stellt einen bei geeigneter Behandlung vom Axencylinder weit abstehenden, glashellen, homogenen und stellenweise quergerunzelten, zarten Hautschlauch dar, innerhalb welchem man gewöhnlich dem axillären Fibrillenbündel enge anliegende Kerngebilde, umgeben von farblosem oder mehr weniger pigmentirten Protoplasma, bemerkt. Was zunächst diese Kerne anlangt, so finden sie sich, stellenweise wenigstens z. B. bei *Acridium* und *Parapleurus* (Fig. 131) in dichter Aufeinanderfolge, während sie z. B. bei *Caloptenus* und *Oedipoda* grosse Intervalle zwischen sich lassen. Ihre Form ist sehr wechselnd, am öftesten länglich-elliptisch, häufig ganz kreisrund, seltener spindelförmig. Sie sind, wie namentlich in Müller'scher Lösung gut zu sehen, von einer deutlichen Membran umschlossen, und bergen im Innern bisweilen ein paar grössere nucleoliartige Klümpchen von bläulichem Glanze.

Die Pigmentierung der inneren, weichen Neurilemmalage ist sehr verschieden. In der Regel erscheint der Müller'sche Nerv in seiner ganzen Ausdehnung völlig farblos, und kann dann von aussen, also durch das Trommelfell hindurch, beim lebenden Thiere nicht gesehen werden. Pigmenttheilchen, durchgehends von gelber bis dunkelbrauner Farbe, bemerkt man erst in nächster Nähe des Ganglions, entweder eine zusammenhängende Lage oder nur einzelne Flecke bildend.

In grösser Ausdehnung pigmentirt fand ich nur den Nerv von *Pachytylus* und *Acridium*, wo schon ausserhalb des Tympanums vereinzelte Farbestoffkörnchen zum Vorschein kommen, die dann gegen das Ganglion zu immer dichter werden und den Nerv in gleicher Weise wie das Ganglion selbst bei auffallendem Licht schneeweiss erscheinen lassen.

Die äussere Membran erweist sich keineswegs als ein specifisches Nervengewebe, sondern ist lediglich nur als ein, häufig allerdings schlauchartig differenzirter Abschnitt des meist fettführenden, interstitiellen Bindegewebes zu betrachten, was auch daraus hervorgeht, dass ein derartiger Nervenüberzug meist nur

dort zur Beobachtung kommt, wo eine innigere Verschmelzung der Nervenfaser mit ihrer Umgebung stattfindet.

An dem noch ungetheilten Tympanal- sowie am Tracheenverschlussnerv erscheint die fragliche Hülle auf weite Strecken als ein ganz selbstständiges aber in seinem Kaliber äusserst wechselndes, continuirliches Rohr, an dem man eine äussere dünne Haut und die ihr innerlich anliegende Fettlage zu unterscheiden hat. Letztere erscheint bei oberflächlicher Betrachtung und geringer Vergrösserung als eine krümelige gelbe Masse mit einzelnen grösseren Fettropfen; eine genauere Untersuchung lässt aber darin noch zahlreiche Kerne unterscheiden, deren Anwesenheit auf eine ursprünglich zellige Zusammensetzung hinweist.

Was hingegen die dieses Fettpolster umschliessende Membran betrifft, so zeigt dieselbe ganz den Charakter des strenge so zu nennenden Bindegewebes.

Sie ist längsstreifig und von zahlreichen blassen, meist länglich-elliptischen Kernen durchsetzt.

Am Müller'schen Nerv ist die eben beschriebene Hülle entweder gar nicht nachweisbar, oder es bildet die Fettmasse derselben nur kleine, dem Nerv anliegende Klümpchen. An manchen Präparaten hat es den Anschein, als ob das äussere bindegewebige Neurilemma, und zwar eigenthümlich modificirt, auch auf das Ganglion übergienge.

Das Müller'sche Endorgan.

Wenn man das Trommelfell eines frisch getödteten oder in Alkohol gut conservirten Acidiers nach Hinwegnahme der äusseren Tracheenblase bei auffallendem Lichte von der Innenseite betrachtet, so sieht man bei grösseren Formen schon mit freiem Auge, dass der als dünner weisser Faden erscheinende Müller'sche Nerv etwas vor und unterhalb des zapfenartigen Trommelfellhöckers zu einem kleinen im Ganzen ungefähr birnförmigen, glänzend weissen Knötchen (Fig. 121, 118 und 124 *MO*) anschwillt, und wenn man dieses unter dem Präparirmikroskop sorgfältig mit der Nadel hin- und herzerrt, bemerkt man noch, dass aus diesem Knötchen ein nahezu ganz farbloser Wulst hervorgeht, der mit dem frei nach hinten vorragenden Zapfen verwachsen ist.

Beobachtet man bei stärkerer, am besten 30- bis 50facher Vergrösserung das tympanale Nervenende genauer, wobei es von Vortheil aber durchaus nicht immer nöthig ist, das den Einblick in das Ganglion trübende Pigment der Trommelfellmatrix mittelst Kalilauge zu entfernen und das allenfalls durch diese Procedur zu stark aufgehellte Endorgan nachträglich mit Pikrin- oder Pikrokarmin leicht zu färben, so zeigt sich ein Verhalten, wie wir es in Fig. 136 (von einem *Pachytylus stridulus*) mittelst der Camera lucida entworfen haben, und das zum Theil nicht unwesentlich von den bisherigen Darstellungen dieses Gebildes abweicht.

Das im Ganzen etwa keulenartige Endorgan besteht aus zwei ziemlich scharf abgegrenzten Abschnitten, von denen der hintere und meist pigmentirte aus Ganglienzellen sich zusammensetzt und künftig kurzweg als Ganglienkörper bezeichnet wird, während der farblose vordere oder Endabschnitt aus schlauchartigen Gebilden besteht, die sich als peripherische Endausläufer der Ganglienzellen erweisen, und im Inneren stark lichtbrechende Körperchen bergen, die sich sogleich als völlig identisch mit den stiftartigen Elementen des supratympanalen Organs der Diplogasteren erweisen.

Dieser letztere Abschnitt zeigt eine sehr unregelmässige Form, und lassen sich daran, ganz analog wie an der Endzone der entsprechenden Diplogasterenorgane, am zweckmässigsten zwei Theile unterscheiden, von denen der eine, im Ganzen von Glockenform (Fig. 136 und 134 *gl*), den mehr erwähnten Trommelfellzapfen umschliesst, indess die andere beträchtlich kleinere Partie der Endschlauchzone, die wir den flügelartigen Abschnitt nennen wollen, zur hinteren Leiste der rinnenförmigen Tympanalanschwellung hintritt (*fl*).

Ausserdem ist noch ein dritter Abschnitt hervorzuheben, der am unteren Ende des glockenförmigen Segments entspringt, und sonach als ein Art Fortsatz desselben erscheint. Er ist schmal, meist von spindelartiger oder dreieckiger Gestalt und geht mit dem röhrenartigen Ausläufer seiner Hülle unmittelbar in die zarte Basalmembran des birnförmigen Trommelfellkörperchens über. Wir nennen ihn kurzweg den spindelartigen Abschnitt (*sp*).

Einen ungefähren Begriff von der Gestalt des kurz skizzirten Müller'schen Endorgans gibt uns auch eine Vergleichung desselben mit unserer Hand, die wir uns sammt dem Arm, der den Nerv repräsentiren soll, derart auf die Tischplatte (dem Tympanum entsprechend) aufgesetzt denken, dass die mit ihren Vordergliedern etwas eingeschlagenen Finger (den Endschläuchen entsprechend) mit der Mittelhand (dem Ganglienkörper) einen (den Zapfen eng umschliessenden) beiläufig glockenartigen Hohlraum bilden, während der Daumen, davon abstehend, uns den flügelartigen Anhang der Endzone vorstellen soll. Denkt man sich ausserdem noch den gerade gestreckten von der Tischplatte etwas entfernten Zeigefinger über die übrigen Phalangen hinaus beträchtlich verlängert, so haben wir auch das Symbol für den spindelartigen Fortsatz.

Ganglienkörper und Ganglienzellen. Der meist birnförmige oder (*Acridium*, Fig. 131, *Pachytylus*, Fig. 136) mehr keulenartige Ganglienkörper stellt sich bei oberflächlicher Ansicht als ein in sich abgeschlossenes einfaches Gebilde dar; wenn man ihn aber an einem isolirten Ganglion von allen Seiten genauer ansieht, so zeigt es sich, dass er (vergl. z. B. Fig. 136 und 115) entsprechend den zwei Hauptabschnitten der Endröhrenzone gleichfalls zwei Theile erkennen lässt, von welchen der dem flügelförmigen Anhang zugehörige als eine wenig umfangreiche sackartige Ausstülpung der dem Trommelfelle zugekehrten, also äusseren Fläche des übrigen grösseren Abschnittes erscheint, mit welcher Differenzirung bisweilen, wie wir im früheren Capitel gehört haben, auch eine Zweitheilung des Nerven beobachtet wird, wobei dann die von der hinteren Nervenwurzel entspringenden Fasern grösstentheils (aber nicht alle!) zu den Ganglienzellen des flügelartigen Abschnittes sich hinbegeben.

Die Länge des gesammten Ganglienkörpers ist ungefähr zweimal so gross als jene des Trommelfellzapfens, beträgt z. B. bei *Pachytylus stridulus* 0·27 Mm., während die Breite desselben (vgl. Tabelle IV) circa um ein Drittel geringer ist, und bei den von uns untersuchten Formen zwischen 0·14 und 0·20 Mm. schwankt.

Was nun zunächst die pigmentirte Matrix der Ganglionumhüllung anlangt, so gleicht dieselbe ganz und gar der entsprechenden Hautlage am Nerven, nur mit dem Unterschiede, dass hier die gelblichbraunen meist staubartig klein erscheinenden Pigmentmoleküle viel dichter gelagert sind, und häufig die Kerne dieser Gewebsschichte ganz verdecken. Letztere erscheinen bald wie z. B. bei *Acridium* (Fig. 131 und 132 *Pi*) als kreisrunde oder elliptische durchsichtige Stellen, und erinnern dann auffallend an die Nuclei der Integumentmatrix, oder sie zeigen, wie z. B. bei *Oxya* (Fig. 113 *K*) mehr das Aussehen von echten Bindegewebskörperchen. Ihr Durchmesser beträgt im Mittel bei 0·009 Mm.

Während das Pigment des Ganglienkörpers in Alkohol jahrelang sich erhält, verschwindet es an Glycerinpräparaten schon nach wenigen Tagen, so dass man gar nicht nöthig hat, dasselbe mittelst Kalilauge zu entfernen. An den Ganglien junger Thiere (*Stenobothrus*) ist es überhaupt sehr schwach.

Übergehend auf den inneren Bau des Ganglienkörpers, so ist dessen allseitige Erforschung mit manchen Schwierigkeiten verbunden, und gelangt man erst nach der Untersuchung zahlreicher Präparate zum gewünschten Ziel, wobei man am zweckmässigsten zunächst das Pigment entfernt und dann eine schwache Pikrin- oder Goldchloridtinction, sowie eine successive gelinde Quetschung in Anwendung bringt.

Anfänglich sieht man dann allerdings auch nicht viel mehr, als die bisherigen Untersucher angeben, nämlich eine grosse Menge dicht aneinander gedrängter zellen-, resp. kernartiger Gebilde (Fig. 134).

Wenn man aber schärfer zusieht, und dem Ganglienkörper bei wechselnder Einstellung mit sehr guten Linsen zu Leibe geht, so kommt allmählig mehr Licht in dieses scheinbare Chaos von Zellgebilden.

Man wird nämlich an einzelnen Stellen beobachten, dass die scheinbar kugelförmigen Zellen spindelförmige bipolare Gebilde sind, deren centraler Fortsatz (Fig 135) bis zum Nerv zurück verfolgt werden kann, während der peripherische Ausläufer continuirlich in einen Endschlauch übergeht.

Am deutlichsten erkennt man dieses Verhalten aber bei jungen Thieren, deren Ganglien so durchsichtig wie Glas sind.

Im Übrigen stimmen die Ganglienzellen des Müller'schen Endorgans ganz und gar mit jenen bei den Diplogasteren überein, so dass wir uns hinsichtlich ihres Baues auf das dort Mitgetheilte berufen können.

Diese Übereinstimmung erstreckt sich sogar, wie aus Tabelle IV zu ersehen, auf die Dimensionsverhältnisse, indem z. B. die supratympanalen Ganglienzellen von *Gryllus* und *Platydactylus* mit einem Querdurchmesser von 0·02 Mm. jenen von *Oedipoda* und *Caloptenus* ganz gleichkommen.

Die Kerne der Ganglienzellen, wie diese von fast durchaus gleicher Grösse, sind, wie besonders schön an Chromsäure-Präparaten (Fig. 135) zu sehen ist, kreisrund, grobkörnig, füllen den Bauch der Zelle fast ganz aus und bergen im Innern einen kleinen helleren Nucleolus, in dem man abermals ein paar winzige stark lichtbrechende Körperchen beobachtet.

Was den centralen Ausläufer der Ganglienzellen betrifft, so kann es nicht zweifelhaft sein, dass er nicht einer einzigen Primitivfibrille, sondern einem Bündel solcher entspreche. Seine beträchtliche Dicke (bei *Pachytylus* 0·003 Mm.), sowie der Umstand, dass sein (an Osmiumpräparaten) gleichmässig granulirter Inhalt von einer besonderen schwach längsstreifigen Hülle umgeben ist, spricht nämlich entschieden für die letztere Auffassung.

Viel deutlicher als die centralen Fortsätze treten am Ganglion, wenn man es in toto untersucht, die peripherischen Ausläufer hervor, deren Dicke im Mittel (z. B. bei *Caloptenus*) 0·006 Mm. betragend, viel beträchtlicher ist als am centralen Fortsatz.

An der Grenze zwischen Ganglienkörper und Endzone, welche Gegend ich, da sie etwas eingeschnürt ist, den Hals nennen möchte, bilden die letztgenannten Endröhren ein System hart neben und über einander liegender blasser Fasern (Fig. 115 *WK*), und nicht minder scharf lassen sich dieselben am flügelartigen Abschnitt unterscheiden.

Im Gegensatze zu den centralen Nervenfäden, welche im Ganglion nach allen Richtungen wirr durcheinander laufen, sind die Endröhren vorwiegend gerade gestreckt, und geben, an sehr verschiedenen Punkten des Ganglions entspringend, demselben ein eigenthümlich längsfaseriges Aussehen.

Die Vertheilung der Ganglienzellen anlangend, sei noch bemerkt, dass sich dieselbe genau nach der Lage der Endschläuche richtet.

So sehen wir beispielsweise, entsprechend dem spindelförmigen Abschnitt, der um ein beträchtliches Stück über die anderen hinausragt, auch den Ganglionkörper in dieser Richtung sich zipfelartig verlängern (Fig. 115 und 122 *gz*), so dass die Länge der Endröhren hier kaum grösser sein dürfte als an den übrigen Partien.

Endschläuche. Der Bau der tympanalen Nervenendschläuche der Acridier stimmt bis in das kleinste Detail mit jenem der supratympanalen Nervenendigungen der Diplogasteren überein, wo nur die Präparation eine viel schwierigere als hier ist.

Der terminale Fortsatz der Ganglienzelle schwillt in einer Entfernung, die ungefähr das Zwei- bis Dreifache der letzteren beträgt, zu einem schmal-spindelartigen Schlauche (Fig. 132 *ESch* und Fig. 97) an, der an seinem hinteren Ende regelmässig einen grobgranulirten (Wurzel-) Kern (*WK*) erkennen lässt, in seiner vorderen Partie ein stiftartiges Körperchen einschliesst und darüber hinaus in eine dünne Faser (*fa*) sich fortsetzt, die ihrerseits wieder, ganz wie bei den Diplogasteren, in eine Matrixzelle (*MaZ*) des tympanalen Integumentes übergeht.

Wir machen speciell noch einmal darauf aufmerksam, dass sich diese Convergenz in der Entfaltung der Endschläuche bei den Acridiern und Diplogasteren selbst auf die Grössenverhältnisse erstreckt, indem beispielsweise die Länge derselben, sowie der stiftartigen Gebilde bei *Ephippigera* und *Caloptenus* ganz dieselbe ist.

Eine nähere Besprechung verdienen zunächst die Kerngebilde der Endröhren, da dieselben von den bisherigen Forschern nicht richtig aufgefasst worden sind.

Die von uns als Wurzelkerne bezeichneten Gebilde sind am Ganglion nur an einzelnen Stellen deutlich zu unterscheiden, so namentlich am Halse desselben, dort, wo die Pigmentirung aufhört.

Hier liegen nämlich (vergl. Fig. 115 *WK*) mehrere solcher Kerne fast in einer Linie, und könnten bei oberflächlicher Untersuchung leicht als eine besondere, von den Endschläuchen unabhängige Schichte aufgefasst werden.

Nach dem, was über die Vertheilung der Ganglienzellen mitgetheilt worden, ist aber leicht ersichtlich, dass nicht alle Wurzelkerne, wie am Hals des Ganglions, ungefähr in einer Geraden liegen, sondern unregelmässig in der ganzen vorderen Partie des Ganglienkörpers zerstreut sind, wodurch leicht eine Verwechslung mit den Kernen der Ganglionhülle stattfinden kann.

Ausser den eben genannten Kernen beobachtet man dann noch andere, in der Endzone selbst, wie dies z. B. an dem in Fig. 132 dargestellten Osmiumpräparat von *Acridium* zu sehen ist.

An manchen Stellen dieses Präparates hat es nun den Anschein, als ob manche dieser zerstreuten Kerne, welche bekanntlich schon Siebold abgebildet hat, den Endschläuchen selbst angehörten, und ihrer Lage nach den Gipfelkernen (*GK*) der Diplogasteren entsprechen würden. Da sich aber diese Nuclei von den Kernen der Matrix histologisch nicht unterscheiden lassen, so ist es hier schwer, ein sicheres Urtheil über ihre Bedeutung abzugeben.

An dem in Fig. 113 abgebildeten Präparat der Endzone von *Oxya* erscheinen die gedachten Kerne allerdings sowohl hinsichtlich ihrer Lage als betreffs ihrer vorherrschend länglich-elliptischen Form von den darunter liegenden Kernen der mosaikartigen Zapfenhypodermis (*Ma*) scharf unterschieden, und dasselbe lässt sich beobachten an den noch nicht pigmentirten Ganglien junger Thiere.

Hinsichtlich der in den Endschläuchen eingebetteten stiftartigen Körperchen, die sich, wie schon mehrmals erwähnt, von den entsprechenden Gebilden der Grillen und Laubheuschrecken in keinerlei Weise unterscheiden lassen, machen wir hier nur noch darauf aufmerksam, dass der fadenartige Fortsatz derselben (Fig. 97 und 132 *Fd*) sich bis zur Ganglionzelle fortsetzt, und dass er häufig, wenn der Zusammenhang des Ganglions zerstört wird, innerhalb des Endschlauches eine scharfe Zickzacklinie bildet, was mir darauf hinzudeuten scheint, dass er im frischen Ganglion ziemlich straff ausgespannt und von etwas spröder Natur ist.

Der glockenförmige Abschnitt. Wenn man das isolirte Müller'sche Organ untersucht, so scheint die Endzone desselben in der Regel (Fig. 131) als ein nahezu farbloser mit kleinen Granulationen und grösseren Kernen bedeckter Saum, in welchem eine stärkere Vergrösserung eine grosse Anzahl, bei *Acridium, Oedipoda Pachytylus* u. s. w. wenigstens 100 bis 120, der mehrerwähnten stiftartigen glänzenden Gebilde erkennen lässt, die anscheinend ganz regellos durcheinander gelagert sind, wie dies am besten aus unserer völlig naturgetreuen Camera lucida-Zeichnung hervorgeht.

Wird dagegen der in Rede stehende Abschnitt der schlauchartigen Nervenendigungen vor der Isolirung derselben mit Alkohol oder besser noch mit Goldchlorid gehärtet und dann mit Vermeidung eines Deckglases zunächst mit schwächeren Linsen angesehen, so gewinnt man bald die Überzeugung, dass er (vergl. die Camera lucida-Zeichnung in Fig. 134, 136) ungefähr ein glockenartiges Gebilde vorstelle, das sich dem Trommelfellzapfen, der in seiner Höhlung liegt, allseitig innig anschliesst, und so auffallend an das Verhalten der becherförmigen, gleichfalls aus röhrenartigen Nervenendigungen bestehenden Retina der Insecten-Ocellen, Spinnenaugen u. s. f. erinnert, wobei die linsenartig verdickte Cornea, welche sich in diesen Netzhautkelch einsenkt, nicht blos hinsichtlich ihres Verhaltens zu den Nervenendigungen, sondern auch betreffs ihrer Wachsthumsrichtung mit dem Trommelfellzapfen zu vergleichen ist.

Der glockenartige Abschnitt besteht aber nicht etwa blos aus einem einfachen Mantel oder einer einzigen Lage von Endröhren, sondern es sind deren mehrere, einander schalenartig umschliessend, vorhanden, oder genauer ausgedrückt, es setzt sich derselbe aus eben so vielen Faserelementen zusammen, als der Trommelfellzapfen Matrixzellen hat, wobei die ersteren so angeordnet sind, dass die äusserlichen zu den entferntesten Matrixzellen gehören, während sich die innersten oder axialen Fasern mit den Hypodermiselementen an der Spitze des Zapfens verbinden, wie wir dies in Fig. 122, welche einen schematisch gehaltenen Horizontalschnitt durch das in Fig. 136 abgebildete Endorgan darstellt, klar zu machen versuchten.

Dass dem in der That so sei, ergibt sich aus dem Umstande, dass, wenn man auf die oberflächlichen Stifte einstellt, die vom Ganglionkörper am weitesten entfernt sind, und jetzt den Tubus allmählig senkt, neue, also tiefer gelegene Gruppen von Stiften zum Vorschein kommen, die zugleich dem Ganglienkörper näher liegen.

Ausserordentlich deutlich zeigte sich mir das geschilderte Verhalten an einer aus China stammenden, jahrelang in Spiritus gelegenen *Tryxalis nasuta*, deren Ganglion wir in Fig. 134 abgebildet haben.

Da, der Lage des Zapfens entsprechend, die denselben von oben (Fig. 136 *r*) bedeckenden Endschläuche viel länger sind, als die an der Unterseite des genannten Höckers, so wird man ferner leicht begreifen, dass an isolirten Ganglien, wie z. B. an dem in Fig. 115 von *Caloptenus* dargestellten, die bezeichnete obere Partie der Endzone (*r*) beträchtlich über die Umgebung hervorragt.

Aus dem Gesagten wird man dann auch entnehmen können, dass Hensen's bereits angedeutete Auffassung, nach welcher zwischen dem Chitinzapfen des Trommelfelles und der Endröhrenzone ein mit Labyrinthwasser erfüllter Hohlraum übrig bliebe, jedes thatsächlichen Haltes entbehre.

Der spindelförmige Abschnitt. Dieser Theil — man vergleiche namentlich Fig. 136 und 122 *sp*, das untere hornartig verlängerte Ende der an der Flächenansicht halbmondförmig erscheinenden Endzone — zeigt ein etwas variables Verhalten. Als einfacher nicht weit vom Zapfen sich entfernender Fortsatz erscheint er z. B. bei *Pachytylus* (Fig. 136), *Oedipoda* (Fig. 135 *sp*) und *Caloptenus* (Fig. 115 *sp*), während er unter Anderem bei *Oxya* (Fig. 113) und *Tryxalis* (Fig. 134 *sp*) vom glockenförmigen Abschnitt durch einen längeren schmalen Hals (*H*) abgeschnürt ist, wodurch er mehr das Gepräge eines selbstständigen Gebildes erlangt.

Um seinen Bau richtig zu verstehen, müssen wir vorerst daran erinnern, dass die continuirlich in die Basalmembran der Trommelfellmatrix (*Ba* Fig. 122) übergehende Hülle des Müller'schen Endorgans einen schlauchartigen Fortsatz zum birnförmigen Körperchen (Fig. 135 *B*) entsendet, der zur Aufnahme der nervösen Endröhren unweit des Zapfens, aber in ziemlicher Entfernung von der erstgenannten Trommelfellwucherung bauchig aufgetrieben ist.

Innerhalb dieser erweiterten Stelle des genannten Hautschlauches beobachtet man nun zunächst eine Gruppe von Nervenstiften, und vor denselben, d. h. näher dem birnförmigen Körperchen, eine ebenso grosse Anzahl von kernartigen Gebilden.

Sieht man die Sache genauer an, so kann es einem nicht entgehen, dass jeder der Stifte in einer besonderen Röhre eingeschlossen ist, die, beträchtlich verengt, nach hinten gegen den Ganglienkörper sich fortsetzt, und dass ferner die erwähnten Kerne im keulenartig erweiterten Ende dieser Schläuche liegen, wobei es, da der spindelförmige Abschnitt sich leicht ganz unversehrt vom Trommelfell entfernen lässt, evident ist, dass die genannten Kerne nicht als Nuclei der tympanalen Matrixzellen aufzufassen sind, sondern besondere, den Endröhren zukommende Gebilde vorstellen. Die in Rede stehenden Nuclei, bald von kreisrunder, bald von breitelliptischer Form und bei *Oedipoda coerulescens* mit einem Durchmesser von 0·011 Mm., sind von einer deutlichen Membran umschlossen, und bergen in ihrem grobgranulirten Inhalt ein 0·004 Mm. grosses, starkglänzendes Kernkörperchen.

Die Zahl und Gruppirung der im spindelförmigen Fortsatz eingeschlossenen Nervenendigungen zeigt eine ganz merkwürdige Übereinstimmung.

Es finden sich nämlich, wie ich mich durch die sorgfältigste Untersuchung überzeugte, in allen von uns hierauf geprüften Acridiern (*Acridium, Oedipoda, Pezotettix, Caloptenus, Oxya, Pachytylus* und *Tryxalis*) durchwegs sieben Endröhren, die aber, weil sie nicht alle in derselben Ebene liegen, erst bei verschiedenen Einstellungen sichtbar werden. Von den sieben dazugehörigen Stiften, und dasselbe gilt von den Kernen, liegen gewöhnlich (*Oxya* und *Oedipoda*) zwei weiter nach vorne (vergl. Fig. 113), während die übrigen fünf nahezu in einer Reihe stehen.

Wir fügen noch bei, dass die sieben Endschläuche des spindelförmigen Abschnittes keineswegs gegenüber den anderen Nervenelementen des glockenförmigen Segments ganz exponirt dastehen, sondern dass sich ihnen gegen den genannten Abschnitt zu (vergl. Fig. 131 *sp*, 134 und namentlich 115) andere anschliessen, und so die ersteren mit den dahinterstehenden in eine continuirliche Reihe bringen.

Der flügelförmige Abschnitt. Da derselbe, wie oben erwähnt, an der dem Trommelfell zugekehrten Seite des Ganglienkörpers entspringt, und demnach grösstentheils von diesem bedeckt wird, so ist es, um ihn deutlich zu sehen, nothwendig, das ganze Endorgan etwas bei Seite zu drehen. Man erkennt dann (Fig. 136), dass dieser

im Ganzen ungefähr dreieckige Abschnitt eine ziemlich dünne Platte bildet, deren Vorderrand sich an der Hinterleiste der rinnenartigen Trommelfellanschwellung befestigt.

Aus dem Umstande, dass die diesem Theile angehörigen Stifte (Fig. 140 *fl*) nicht alle in einer Reihe stehen und auch nicht in derselben Ebene liegen, muss man schliessen, dass der flügelartige Abschnitt aus mehreren Lagen von Endschläuchen bestehe, zu deren Insertion die erwähnte Chitinanschwellung ja breit genug ist.

Was die Zahl dieser Nervenröhren anlangt, so zählte ich bei *Caloptenus* 20, vermuthe aber, dass deren noch mehr sind, so dass sich die Gesammtzahl der am Müller'schen Endorgan vorkommenden Nervendigungen mindestens auf 150 belaufen dürfte, während nach den früheren Angaben Siebold's und Leydig's nur bei 30 solcher Gebilde gezählt wurden.

Gegen den Zapfen zu geht der flügelförmige Anhang in den glockenförmigen Abschnitt über, während sein unterer Rand mit dem des Ganglienkörpers nahezu in eine Gerade fällt.

Da sich aus dem Mitgetheilten ergeben hat, dass die Endausbreitungen des Müller'schen Organs durchwegs mit den gewissen Vorsprüngen der Trommelfellmembran verknüpft sind, so erscheint es nicht unwahrscheinlich, dass bei jenen Acridiern, wie *Poecilocera*, *Chrotogonus*, *Cuculligera*, *Rhomalea* u. s. w., denen theils die birnförmige, theils die zapfenförmige Anschwellung abgeht, das System der Nervenenden gleichfalls entsprechend reducirt ist.

Leider sind wir aus Mangel an entsprechend conservirtem Material gänzlich ausser Stande, hierüber Näheres zu berichten, erlauben uns aber die künftigen Forscher auf diese Lücke umsomehr aufmerksam zu machen, als sich aus der Untersuchung des Endorganes der angedeuteten Formen am ehesten noch ein Anhaltspunkt zur Lösung der Frage gewinnen lassen dürfte, ob dasselbe aus einfacheren Bildungen der integumentalen Nervenendigungen abgeleitet werden kann, wobei wir allerdings nicht verschweigen wollen, dass unsere bisherigen Bemühungen, an den übrigen Hinterleibsmetameren homologe Gebilde aufzufinden, ganz resultatlos geblieben sind.

Betreffs der individuellen Entwicklung der tympanalen Nervenausbreitung scheinen sich die Acridier ganz ähnlich wie die Diplogasteren zu verhalten, insoferne im drittletzten Stadium, wo noch keine Spur der Trommelfellvorsprünge vorhanden ist, das Müller'sche Organ schon ganz ausgebildet vorliegt, ein Beweis, dass die Endigungen desselben zu ihrer Insertion nicht nothwendig eine Differenzirung der Cuticula voraussetzen, die, wie wir gesehen haben, bei den Diplogasteren auch im geschlechtsreifen Zustand vermisst wird [1].

---

[1] O. Schmidt will im Innern des birnförmigen Trommelfellkörperchens ein „feinorganisirtes Ganglion" gefunden haben, zu dem einerseits vom bekannten Ganglion her ein Nerv tritt und wo andererseits von allen Seiten kommende centripetale Fäden sich vereinigen sollten. Dagegen ist in Kürze Folgendes zu sagen: 1. Der vermeintliche, vom *M*-Ganglion sich abzweigende Nerv ist kein solcher, sondern mitsammt dem vermeintlichen Zwischenganglion ein Bündel von Nervenendschläuchen, weshalb die in der birnförmigen Kapsel angenommenen Endigungen von selbst entfallen. 2. Auch wenn das birnförmige Körperchen hohl wäre, würde es niemals Nervenendigungen beherbergen können, da die zugehörige Epithellage dasselbe äusserlich umgibt. 3. Die gewissen centripetalen Nervenfäden existiren nicht, und scheint hier eine Verwechslung mit gewissen Kerngebilden und Faltlinien der Basalmembran, möglicherweise auch mit fädigen Ausläufern des *C. adiposum* vorzuliegen. — Joh. Ranke (Übergangssinnesorgane, Zeitschrft. f. w. Zoologie, 25. Bd.) lässt fälschlich die Chorden der Stifte mit den Wurzelkernen verwachsen sein, sowie ihm auch die Natur der Endschläuche nicht klar geworden ist.

Tabelle

Über die Grössenverhältnisse

			Gryllodea				*Locustina*				
			Gryllus campestris Imago.	*Gryllus campestris* *l.* Stad.	*Gryllotalpa.*	*Platydactylus* r. Amboina.	*Locusta viridissima* Imago.	*Locusta viridissima* *l.* Stad.	*Thamnotrizon apterus* ♀.	*Ephippigera vitrum* ♀	*Odontura Fischeri* l_3. Stad.
Zweihörniges (supratympanales) Endorgan	Nerv	Breite	0·035	.	.	.	.	.	.	0·04	
		Kerne (Länge)	.	.	.	0·006	.	.	.	.	.
	Ganglienzelle		0·024	.	.	0·020	0·028	.	.	.	.
	Kerne d. Ganglienzelle		0·0113	.	.	0·012	0·018	.	.	.	.
	Endschläuche	Anzahl	55	.	.	.	.	.	.	.	.
		Länge [1]	.	.	.	.	.	.	0·04 [2]	0·09	0·048
		Breite	.	.	.	0·015	.	0·0113	.	.	.
		Basalkern	0·007	.	.	0·0067	0·008	0·008	0·0076	0·009	0·008
	Stiftf. Körperchen	Totallänge	0·019	.	0·005	0·017	0·021	0·02	.	0·022	0·022
		Länge d. Kopfes	0·0085	0·0065	0·013	.	.	0·007	0·006	0·005	.
		Breite d. Kopfes	0·003	0·003	0·007	0·0035	.	.	.	.	0·0038
		Totalbreite	.	.	.	.	.	.	.	.	.
	Ganglion	Totallänge	.	.	.	.	.	.	.	.	.
		Breite d. spindelf. Abschittes	fehlt								
		Breite d. flügelf. Abschnittes	fehlt								

			Locustina			
			Locusta viridissima Imago.	*Locusta viridissima* *l.* Stad.	*Thamnotrizon apterus* ♀.	*Ephippigera vitium* ♀.
Siebold'sches Endorgan	Nerv	Breite	0·053	.	.	0·035
		Kerne	0·011	.	.	.
	Ganglienzelle (in d. Mitte)	Länge	.	0·03	.	0·028
		Kerne	.	0·018	.	0·019
	Endblasen	Oben	.	.	0·076	0·08
		Mitte	.	.	.	.
		Unten	.	.	.	.
	Kerne d. Endblasen	Gipfelkern	.	0·0113	0·0095	.
		Basalkern	0·113	.	.	.
	Breite d. birnf. Körperchens	Oben	0·011	.	0·0095	.
		Mitte	0·008	.	.	.
		Unten	0·0045	.	.	.
	Länge d. birnf. Körperchens	Oben	0·021	.	0·0189	0·023
		Mitte	0·018	.	.	.
		Unten	0·013	.	0·0113	.

[1] Von der Ganglienzelle bis zum Kopf des stiftförmigen Körperchens.

[2] Vom Basalkern bis zum Kopf des Stiftes.

IV.

der tympanalen Nervenendigungen.

			Acridiodea									
			Caloptenus italicus ♀.	*Oedipoda coerulescens* ♀.	*Chrysochraon bruchyptera* ♀.	*Pezotettix alpina* ♀.	*Pezotettix pedestris.*	*Pachytylus stridulus* ♀.	*Oxya velox.*	*Tryxalis nasuta.*	*Acridium tartaricum* ♀.	*Stenobothrus pratorum l. Stad.*
Müller'sches Endorgan	Nerv	Breite	0·028	0·027	.	0·026	.	0·027	0·03	0·03	0·07	0·019
		Kerne (Länge)	0·0132	0·019	.	.	.	.	.	.	.	.
	Ganglienzelle		0·021	0·020	0·017	.	.	.	.	.	.	.
	Kerne d. Ganglienzelle		.	.	.		0·013	0·015	.	.	.	0·012
	Endschläuche	Anzahl	.	.	.	.	.	.	.	.	110	.
		Länge	0·085	.	.	.	.	0·092	.	.	.	.
		Breite	0·006	.	.	.	.	.	.	.	0·013	.
		Basalkern	0·0095	.	.	.	0·009	.	.	.	0·0095	.
	Stiftf. Körperchen	Totallänge	0·0246	.	.	.	0·021	.	0·023	.	0·025	0·025
		Länge d. Kopfes	0·004	.	.	.	0·006	.	0·0047	0·004	.	0·0066
		Breite d. Kopfes	.	0·0028	.	.	.	.	.	.	0·0028	.
		Totalbreite	0·155	.	0·123	0·14	.	0·16	0·15	0·18	0·18	.
	Ganglion	Totallänge	.	0·23	0·22	0·026	.	0·7	.	.	.	.
		Breite d. spindelf. Abschnittes	0·027	.	0·035	.	.	.	0·044	.	.	.
		Breite d. flügelf. Abschnittes	0·076	.	.	.	.	0·123	.	.	.	.

III. Abschnitt.

Zur Physiologie und vergleichenden Morphologie der tympanalen Sinnesapparate der Geradflügler und gewisser fraglicher Beziehungsorgane der Insecten überhaupt.

Indem J. Müller und v. Siebold, die beiden Entdecker der trommelförmigen Organe, dieselben für Gehörwerkzeuge erklärten, sprachen sie sich über die dadurch zur Vermittlung kommenden Empfindungen nicht näher aus, und liessen uns auch speciell hinsichtlich der Frage im Ungewissen, ob man es hier mit den eigentlichen Ohren dieser Thiere, ich meine also mit Organen zu thun habe, die alle Schallschwingungen percipiren, von denen ihre Besitzer überhaupt erregt werden, oder ob vielleicht nur ein acustischer Apparat vorliege, der in erster Linie oder möglicherweise auch ausschliesslich nur der von diesen Thieren hervorgebrachten musikalischen Lautäusserungen wegen da ist.

Nur aus dem Umstande, dass speciell v. Siebold, der auch in dieser Beziehung sehr gründlich vorgeht, keine Erwähnung davon thut, ob vielleicht die Orthopteren ausser den Tympanalorganen noch andere Gehörwerkzeuge besitzen, darf man schliessen, dass ihm diese Meinung, wenn er, was ich fast bezweifle, überhaupt Stellung dazu nahm, völlig fremd war, dass er also die von ihm entdeckten Gebilde, um mich kurz auszudrücken, nicht für acustische Special-, sondern für Universalorgane hielt.

Leydig scheint übrigens der gleichen Ansicht gewesen zu sein. Ich schliesse das, abgesehen von mehreren anderen diesbezüglichen Auslassungen, ganz besonders aus einer Stelle seiner epochemachenden

Arbeit „Über die Gehör- und Geruchsorgane der Krebse und Insecten“ [1], wo er sagt: „Allein schon der Gedanke, dass zwar vor der Hand nur bei Heuschrecken und Grillen ein Organ nachgewiesen ist, das für ein Ohr zu gelten Anspruch machen kann, ohne in den Antennen zu liegen, dass aber gar wohl bei anderen Insecten entsprechende Apparate noch aufgefunden werden können, müsste zur Vorsicht auffordern“.

Seither ist diese ganze Frage merkwürdigerweise gar nicht mehr ventilirt worden, und werden die Tympanalorgane der Orthopteren fast allgemein von den massgebenden Fachleuten kurzweg für die Gehörorgane dieser Thiere ausgegeben.

Ich hege indessen die Zuversicht, dass man mir auf Grund meiner morphologischen Untersuchungen die Befugniss zuerkennen wird, auch über die functionelle Bedeutung der in Rede stehenden Einrichtungen meine Ansichten zu entwickeln.

Es sei rundweg herausgesagt, ich weiss nicht bestimmt, welche Function die Tympanalorgane haben; ich kann aber beweisen, dass es entweder nicht die eigentlichen Gehörorgane der betreffenden Thiere sind, oder dass, wenn dies der Fall wäre, ausserdem und vermuthlich für den gleichen Zweck, noch andere acustische Apparate vorhanden sein müssen.

Zunächst muss ich meine Verwunderung darüber aussprechen, dass selbst Orthopterologen ersten Ranges, welche die Verbreitung, ich will nicht sagen, der Tympanalorgane, aber doch wenigstens der Tympana ziemlich genau kennen, von der bisherigen Ansicht sich nicht emancipirt haben und unsere Organe kurzweg für Gehörapparate ausgeben. Eine sehr rühmenswerthe Ausnahme macht hier Hofrath v. Brunner, der, allerdings ohne weitere Ausführung, die Bedeutung des fraglichen Apparates auf die „Vernehmung des Rufes der zirpenden Männchen“ einschränkt [2], wobei freilich unerklärt bleibt, was dann dieses Organ bei den vielen Acridiern zu schaffen habe, wo die Männchen sich absolut stumm verhalten, ihre Weibchen also höchstens das Gezirpe von solchen Orthopteren vernehmen könnten, für welche schwerlich ein intimeres Interesse obwalten dürfte.

Dass die Tympanalapparate nicht, oder wenigstens nicht die ausschliesslichen Gehörorgane sind, schliessen wir erstens aus ihrer Verbreitung, und zweitens, was die Sache ausser allen Zweifel setzt, aus den Beobachtungen und Experimenten, die wir diesbezüglich angestellt haben.

Wie schon oben des Näheren auseinandergesetzt worden und Tabelle I in übersichtlicher Weise erkennen lässt, fehlen die Trommelfelle und damit auch die tympanalen Nervenendigungen, vielleicht mit alleiniger Ausnahme von *Cacoplistes* Br., allen stummen Gryllodeen und Locustinen, worunter, wie *Gryllus apterus*, auch Formen sind, deren nächste Blutsverwandte (die verschiedenen *Gryllus*-Arten) mit diesen Apparaten ausgestattet sind.

Bei den Acridiern sind die Tympana gleichfalls in mehrere grösstentheils ganz stumme Formen enthaltenden Abtheilungen nicht zur Entwicklung gekommen.

Was folgt daraus? Daraus würde folgen, wenn man unsere Organe als die alleinigen Gehörwerkzeuge der in Betracht kommenden drei Orthopterengruppen ansähe, dass die bezeichneten trommelfelllosen und meist stummen Formen auch taub wären, d. h. empfindunglos nicht blos gegenüber der Musik ihrer Verwandten, sondern auch gegenüber allen um sie her entstehenden Tönen und Geräuschen.

Da aber, wie ich überzeugt bin, Niemand solches glauben wird, so ergibt sich von selbst das Vorhandensein anderweitiger Gehöreinrichtungen. Dabei kann dann nach meiner Meinung die Beantwortung der Frage nicht schwer fallen, ob diese letzteren Gehörorgane der stummen Orthopteren blos bei diesen vorkommen, oder ob sie für den gleichen Zweck nicht auch bei den übrigen Formen angenommen werden müssen, so dass für die Tympanalorgane in erster Linie dann nur die Perception der von den Tonapparaten derselben ausgehenden Schallwellen in Betracht käme.

Oder soll vielleicht z. B. die Feldgrille mit ihren Tympanis nicht blos den Ruf von Ihresgleichen, sondern auch anderweitige Schalle wahrnehmen, und ihr Bruder der *Gr. apterus* letztere mit einem anderen, vielleicht

[1] Archiv f. Anat. u. Physiol. 1860, p. 292.

[2] Vergl. seine Arbeit „Über die äusseren Gehörorgane der Orthoptera“, p. 62.

im Kopfe oder sonst wo untergebrachten Organe empfinden? Man wird, glaube ich, wenn das Tympanal-Organ schon acustischer Natur sein muss, nach dem Princip der Arbeitstheilung demselben doch lieber eine Specialfunction zuerkennen, als ihm zugleich die Leistung der strenge so zu nennenden Gehörorgane noch mitaufbürden.

Der thatsächliche Beweis, dass die Geradflügler hinsichtlich der Vermittlung der Schallempfindungen keineswegs blos auf die Tympanalorgane angewiesen sind, sondern dass neben diesen noch andere acustische Vorrichtungen da sind, ergibt sich aus der unmittelbaren Beobachtung dieser Thiere.

Es ist eigentlich sehr auffallend, dass behufs der Erledigung der schwebenden Fragen dieser Weg, nämlich der der Beobchtung und des Experimentes, bisher so zu sagen gar nie eingeschlagen worden ist, ein Missstand, der auch betreffs mancher anderer als Sinnesorgane in Anspruch genommener Gebilde sehr üble Folgen gehabt hat.

Da mir aber nur zu gut bekannt ist, dass derlei Beobachtungen, namentlich wenn sie ohne Angabe der sie begleitenden Umstände ganz allgemein ausgesprochen werden, in der Regel mit mehr oder weniger Misstrauen aufgenommen werden, da man in der That schon oft getäuscht worden ist, so mag es gerechtfertigt erscheinen, wenn ich meine diesbezüglichen Mittheilungen, die sich auf zweijährige und, wie ich behaupten darf, sehr sorgfältige Studien hauptsächlich an der Feldgrille stützen, in grösserer Ausführlichkeit vorbringe, wobei ich mich durchwegs an die einzelnen, im Moment der Beobachtung selbst aufgezeichneten Daten halte.

Ich muss noch vorausschicken, dass sich aus der Beobachtung unserer Thiere im freien Zustand nur höchst selten einigermassen überzeugende Resultate in Bezug auf ihre Hörfähigkeit ergeben, da die verschiedenen Bewegungserscheinungen derselben, aus denen wir ja einzig und allein nur auf gewisse innere Vorgänge schliessen können, durch verschiedenartige und uns zum Theil ganz unbekannte Ursachen veranlasst werden, wie es denn beispielsweise oft genug vorkommen mag, dass wir bei einem Insect eine Gehörempfindung annehmen, während es sich vielleicht um eine durch Erschütterung seiner Unterlage oder durch gröbere Oscillationen der Luft veranlasste Tastempfindung handelt.

Aus diesem Grunde haben wir uns auch vorzugsweise an Experimente gehalten und dazu die Feldgrille auserkoren, einmal, weil dieses Insect wegen seiner Feinhörigkeit bekannt ist, und dann weil es sich während des ganzen Jahres bequem zu Hause halten lässt.

E. 1. Eine Grille steht ganz ruhig auf der Tischplatte. Schlägt man auf letztere stark mit einem Hammer, so bewegt das Thier regelmässig die Fühler nach verschiedenen Richtungen. Bringt man in grösserer Entfernung vom Tisch mittelst einer Feile ein kratzendes Geräusch hervor, so kriecht sie augenblicklich eine Strecke weiter und fuchtelt zugleich (aber nicht immer) lebhaft mit den Fühlern. Später schlug ich abermals auf die Tischplatte, das Thier blieb dabei entweder ganz ruhig, oder drehte die Antennen nach jedem Schlage regelmässig hin und her, oder sie ging bisweilen auch eine Strecke vorwärts.

E. 2. Eine Grille wurde unter eine Glasglocke gegeben. Sobald man nun ganz leise mit dem Hammer auf den Tisch schlug, wodurch letzterer erschüttert wird, kam die Grille sichtlich ganz ausser sich, sprang hin und her, machte etliche Purzelbäume, bewegte unruhig ihre Antennen und sprang mehrmals sogar an der Wand der Glasglocke hinauf. Dasselbe geschah auch, aber minder lebhaft, wenn ich mit der Schneide eines Messers auf einem glatten Eisen einen scharfen Ton hervorbrachte.

Daraus ergibt sich, dass diese Grille durch die geringe Erschütterung ihrer Unterlage heftiger afficirt wurde, als durch den scharfen sehr kräftigen Ton des genannten Instrumentes. Später wurden derselben Grille die Hinterbeine abgeschnitten und die Wunde mit Gummi verklebt.

Sobald ich nun die Tischplatte kaum merklich, z. B. durch das Fallenlassen eines Bleistiftes erschütterte, sprang das Thier hastig zur Seite, während es sich sonst ganz ruhig verhielt.

Später machte ich abermals ein kratzendes Geräusch mit einer Feile, worauf das Thier in die Höhe sprang, und zwar sichtlich um so heftiger, je intensiver der erzeugte Schall war. Einigemal, wenn ich es frü-

her lange verschont hatte, sprang es, sobald es wieder das heftige Kratzen vernahm, derart in die Höhe, dass es sich dabei überstürzte.

Daraus folgt, dass die Erregbarkeit der Grille durch die genannte Verletzung beträchtlich gesteigert wurde.

E. 3. Nach einigen Stunden wurde mit demselben Thiere, das ich aber jetzt, um jede etwaige Erschütterung der Unterlage zu verhindern, auf eine 2″ dicke Korkplatte legte, weiter experimentirt.

Das Thier sprang anfangs, wenn ich mit einer Feile einen sehr durchdringenden Ton hervorbrachte, jedesmal in die Höhe, später war es aber durch keinerlei Geräusch mehr aus seiner Ruhe zu bringen, ein Beweis, dass sich sein Gehör gewissermassen gegen die vielfach wiederholten Töne allmählig abstumpfte.

E. 4. Dem gleichen Thiere wurden dann die beiden Antennen exstirpirt. Als ich hernach das Messer vom Tische aufhob, wodurch ein ganz geringes Geräusch entstand, so zuckte es plötzlich zusammen.

Später antwortete das Thier ganz regelmässig durch heftige Bewegung seiner Beine, oder, indem es eine Strecke sich fortschleppte, wenn ich mit einem Messer auf ein Lineal schlug. Machte ich eine längere Pause, so blieb es gewöhnlich eben so lang ruhig, bewegte aber sogleich die Beine, so oft ich dasselbe Geräusch wiederholte.

E. 5. Nach einigen Stunden schnitt ich dem verstümmelten Thiere die sogenannten löffelförmigen Organe des Hinterleibes heraus und liess es einige Zeit ruhen. Als ich dann wieder mit dem Messer aufs Lineal schlug, geriethen die noch vorhandenen Beine, sowie die Flügel in ein convulsivisches Zittern. Später antwortete es nicht. Als ich aber später — es lag ganz ruhig auf der Korkplatte — dasselbe Geräusch wiederholte, sprang es alsogleich fort.

E. 6. Am folgenden Tag reagirte dasselbe Thier gar nicht mehr auf verschiedene, zum Theile äusserst gellende Töne, wurde dagegen im höchsten Grade unruhig, wenn ich durch Schlagen auf die Tischplatte, wo es jetzt lag, seine Tastorgane reizte. Später beobachtete ich, wie es sogar erschrak, als ich mit dem Fingerknöchel auf den Tisch pochte.

Diese Erscheinung ist um so auffallender, als ein frisch eingefangenes Thier beim gleichen Experiment sich ganz still verhielt.

E. 7. Einer frisch eingefangenen Grille wurden die Vorderbeine, also die fraglichen Ohren, abgeschnitten und die Wunde mit Gummi verklebt. Es lag unbeweglich auf der Korkplatte. So oft ich nun durch das Zusammenschlagen zweier Würfelliniale ein Geräusch hervorbrachte, fingen die Hinterbeine zu zittern an, und dies dauerte in der Regel so lange oder noch etwas länger als das Geräusch. Das konnte ich ganz nach Belieben wiederholen. Später legte ich das Thier auf den Rücken, wobei es sich ziemlich ruhig verhielt, während seine Beine sogleich lebhaft wieder zu zittern begannen, wenn ich das erwähnte Geräusch erneuerte.

E. 8. Zufällig traf es sich etwas später, dass, während das Untersuchungsobject sich völlig ruhig verhielt, eine andere Grille in einem weit davon entfernten Käfig zu zirpen begann, worauf die Beine unserer trommelfelllosen Grille alsogleich in lebhafte Vibration geriethen, was ohne äussere Veranlassung sonst niemals geschah.

E. 9. Einer anderen Grille schnitt ich die Hinterbeine ab, damit, wenn ich sie auf den Rücken legte, sie nicht mehr aufstehen konnte. Nach einiger Zeit, während welcher sie lebhaft mit den Beinen gestikulirte, ward sie endlich ruhig. Beim ersten Schlag mit einem Lineal auf ein Messer, zuckte sie plötzlich gewaltig zusammen und wiederholte sich das regelmässig.

E. 10. Ich schnitt ihr nun schnell den Kopf ab und schlug neuerdings zwei Lineale zusammen. Die Beine blieben vollkommen ruhig, hingegen bewegten sich die Fühler, noch stärker die Taster und Kiefer. Daraus folgt, dass die Vermittlung des erzeugten Schalles nicht durch die Tympanalorgane der Vorderbeine, sondern durch den Kopf erfolgt.

Dagegen wurde ein starkes krampfartiges Zucken der Rumpfgliedmassen beobachtet, wenn ich durch Erschütterung der Unterlage ihre Tastorgane afficirte.

Nach Verlauf zweier Stunden erschütterte ich durch einen leichten Hammerschlag die Tischplatte auf's neue, worauf sämmtliche Anhänge des Kopfes und Rumpfes in Bewegung geriethen, und letzterer, wenn die Erschütterung anhielt, auf der Tischplatte eine Strecke sich fortbewegte.

E. 11. Später blies ich den Kopf aus einer Entfernung von etwa 4″ an, worauf sich die Maxillartaster deutlich aber nur wenig bewegten, dasselbe geschieht, wenn man diese mit einer Feder kitzelt.

Bläst man hingegen, und zwar mit derselben Heftigkeit und aus der gleichen Entfernung wie früher, einen Strom Tabakdampf gegen den Kopf, so werden jedesmal die Maxillarpalpen ganz hinter den Kopf zurück bewegt. Dies beobachtete ich wenigstens 10mal.

Ganz dasselbe zeigt sich auch nach gänzlicher Exstirpirung der Antennen, so dass also die erwähnte Reflexerscheinung an den Maxillarpalpen keineswegs durch die Antennen verursacht wird.

Im Ganzen 4 Stunden nach der Enthauptung konnte man die Reaction des Kopfes gegen Tabakduft, respective Rauch noch immer beobachten.

Auch noch am folgenden Tag, genau 19 Stunden nach seiner Isolirung, wurde dieselbe Erscheinung wahrgenommen, obgleich das Hinterhauptsloch nicht verklekt worden war.

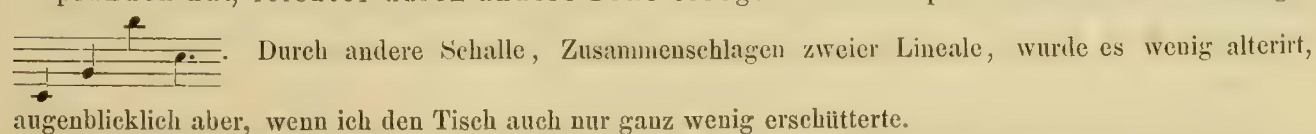
E. 12. Ich vermochte eine eben eingefangene Grille durchaus nicht zum Antworten zu bringen, obwohl ich sehr durchdringende Töne z. B. durch Reiben eines Glasstoppels im Hals der zugehörigen Flasche hervorbrachte.

Später schnitt ich ihr nun die Vorderbeine ab und legte sie auf den Rücken. Auch jetzt wollte sie noch nicht auf die nämlichen Töne reagiren, sondern blieb, die Beine nach oben gestreckt, ruhig auf ihrem Platze.

Dann machte ich mehrere kurze sehr kräftige Striche über die E- und A-Saite einer Violine, und zwar in Intervallen von etwa 4 Minuten, worauf das trommelfelllose Geschöpf in ganz lächerlich regelmässiger Weise durch heftige Bewegung seiner wie im Tetanus zitternden Gliedmassen antwortete.

E. 13. Später bemerkte ich an derselben Grille Folgendes: Wenn ich in ganz kleinen Intervallen von vielleicht 1—2 Minuten auf der Violine Töne hervorbrachte, so antwortete das Thier unregelmässig, dagegen ganz pünktlich, wenn ich die Pausen länger machte.

Zudem scheint mir, dass das Thier, wenn es länger einen und denselben Ton empfunden hat, leichter durch andere Töne erregt wird. Ich spielte abwechselnd ein kräftiges



. Durch andere Schalle, Zusammenschlagen zweier Lineale, wurde es wenig alterirt, augenblicklich aber, wenn ich den Tisch auch nur ganz wenig erschütterte.

Nächsten Tag wurde dieser Grille der Kopf abgetrennt, er gab nur wenige Minuten noch Lebenszeichen von sich.

E. 14. Eine frisch eingefangene ganz unlädirte Grille antwortete auf leise Violintöne gar nicht, sehr regelmässig dagegen auf kräftige Accorde.

E. 15. Eine andere frisch vom Felde geholte Grille antwortete nur schwach, selbst auf starke Accorde, die in grösseren Zwischenräumen erzeugt wurden, wurde aber sogleich empfindlicher, nachdem ich ihr die Hinterbeine abgeschnitten. Von etwa 3 zu 3 Minuten wurde ein Accord gespielt; jedesmal stutzte sie, streckte die Fühler vor, und ging dann, nachdem es wieder stille geworden, auf der Wachsplatte eine Strecke vorwärts.

Diese Erscheinung war ganz ausserordentlich regelmässig.

Nun schnitt ich ihr die Vorderbeine ab. Sie beantwortete verschiedene Töne ganz pünktlich, indem sie stehen blieb und mit ihren Antennen herumfuchtelte. Jetzt spielte ich längere Zeit unausgesetzt

mehrere Stücke. Das Thier rührte sich wenig. Dagegen reagirte es später, wenn einzelne Töne in grösseren Intervallen hervorgebracht wurden.

Später schnitt ich ihr den Kopf ab. Weder dieser noch der Rumpf reagiren auf Töne der Violine, wohl aber werden durch Tabakrauch die Maxillarpalpen erregt.

E. 16. Eine schon längere Zeit in einem geräumigen Schaukasten befindliche Grille sprang (auf dem Rasen, womit der Boden belegt war) auf eine ganz lächerlich pünktliche Weise ein Stück vorwärts, so oft ich einen Accord spielte. Dasselbe beobachtete ich auch noch, nachdem ihr die Fühler und Vorderbeine abgetrennt worden waren. Am isolirten Kopf und Rumpf gaben starke Schalle keine Reaction, wohl aber bewegten sich beide, wenn die Unterlage, bestehend aus einer Chladni'schen Metallplatte, die ich am Rande mit dem Violinbogen anstrich, erschüttert wurde.

E. 17. Einer Grille, die den ganzen Tag über eifrig musicirt hatte, wurden die Vorderbeine abgeschnitten. Wenige Minuten darauf (sie war allein im Käfig mit zwei ♀) liess sie sich wieder hören. Sie zirpte dann überhaupt eben so anhaltend wie früher. Bei schärferen Strichen über die Violinsaiten sprang das Thier regelmässig vorwärts. Dasselbe geschah, wenn ich in der Tonscala der Violine aufwärts gehend, bis zum kam, das sie, wie ich mehrmals beobachtete, viel stärker erregte, als die tieferen Töne der E-Saite.

Dieselbe Grille sang dann die ganze Nacht hindurch, hörte aber augenblicklich auf, so oft ich an der Thürklinke ein Geräusch machte.

Dasselbe beobachtete ich eine ganze Woche hindurch. Es überzeugten sich auch Andere, dass die Grille Nachts, wenn alles still war, durch ganz geringfügige Geräusche erschreckt wurde.

E. 18. Ich hatte eine junge Grille (zweitletztes Stadium) in einer grossen Flasche. So oft ich zwei Lineale zusammenschlug, bewegten sich ihre Antennen sehr lebhaft.

E. 19. Eine frisch eingefangene Grille erwies sich gegen allerlei Schalle und selbst gegen die Erschütterung ihrer Unterlage gleichgiltig. Ich schnitt ihr nun die Hinterbeine ab, worauf sie, wenn ich die Tischplatte auch nur wenig erschütterte, ganz regelmässig und zwar mit den Antennen antwortete, die sie nach jedem Schall senkte.

E. 20. Ich hatte im Schaukasten zwei Grillen ♂, wovon die eine fast unausgesetzt zirpte, während die andere hartnäckig schwieg. Erstere liess sich nicht im mindesten stören, als ich mit einer Messerspitze auf einer matten Glastafel verschiedene heftige Geräusche machte. Nachdem ich aber die Vorderbeine abgeschnitten hatte, sprang sie bei jedem Strich über die Glastafel ruckweise vorwärts.

F. 21. Eine frisch eingefangene Grille, der die Vorderbeine abgenommen wurden, antwortete sehr regelmässig auf folgende und z. Th. ziemlich leise Violintöne , indem sie während der Production abwechselnd einen Fühler und ein Bein bewegte.

E. 22. Die Grille mit den fehlenden Vorderbeinen hört in der Nacht sogleich zu musiciren auf, wenn man auf der Violine auch nur ganz leise Töne hervorbringt.

E. 23. Die Grille mit den abgeschnittenen Vorderbeinen musicirt schon über zwei Tage fast ununterbrochen, d. h. in Pausen von circa 10 Minuten. Stört man sie während eines Gesangabsatzes oder einer Strophe, wie ich es nennen will, durch verschiedene Geräusche (Kratzen auf mattem Glas oder auf einem Drahtgitter), so schweigt sie meist augenblicklich, und fängt verhältnissmässig erst spät wieder an.

Auffallend ist, dass die mitgefangene ganz unlädirte Grille (♀), während das Männchen zirpt, ganz unbeweglich mit gerade vorgestreckten Fühlern daneben steht, was sich nicht im Mindesten ändert, wenn man ihr die Vorderbeine wegschneidet.

E. 24. Ich liess eine Grille, nachdem ihr die Vorderbeine abgeschnitten waren, auf der Tischplatte laufen. Nach einiger Zeit hielt sie, wenn sie nicht erschreckt wurde, längere Zeit inne, die Fühler gerade vor sich hingestreckt. Wenn ich nun, in dem Augenblick, wo sie stehen blieb, auch nur ganz leise ein [Note] oder [Note] erklingen liess, so bewegte das Thier seine Fühler nach verschiedenen Richtungen, und sprang auch einigemale mit einem plötzlichen Ruck auf die Seite.

E. 25. Interessant ist folgendes Experiment: Ich schnitt einer Grille sämmtliche Beine ab und legte sie auf den Rücken, worauf sie nach kurzer Zeit ganz ruhig wurde.

Jetzt liess ich durch einen Zweiten, während ich das Thier beobachtete, dieselbe Note in verschiedener Entfernung spielen, wobei sich ergab, dass sie regelmässig erst dann antwortete, wenn die Töne aus einer Entfernung von nicht weniger als 3° herkamen. Auf Töne dagegen, die ich durch das Anschlagen eines Messers an einem leeren Trinkglase hervorbrachte, antwortete sie erst, als ich die Tonquelle bis auf 1′ genähert hatte. Wurde der tönende Körper noch näher gebracht, so wurden die Bewegungen der Beinstummel ganz krampfhaft.

E. 26. Spät Abends beim Lampenlicht wurden scherzweise mit einer zirpenden Grille, der die Vorderbeine abgeschnitten worden waren, von Seite meiner Frau Versuche angestellt.

Das betreffende Thier, welches sich in einem wenigstens 3° von uns entfernten Schaukasten befand, machte in seinem Gesang Absätze, welche fast regelmässig 1 Minute dauerten. Beim Beginn eines solchen Absatzes rief nun meine Frau dem Thiere zu: bsss — ruhig! u. s. w., worauf es sogleich mit dem Gezirpe inne hielt, um dann seine Musik wieder fortzusetzen. Dies beobachteten wir mehrere Abende hindurch.

E. 27. Dieselbe Grille (ohne Tympana!) stand mitten auf dem Rasenboden ihres grossen Käfigs. Ich schlich mich sachte an denselben heran und sah, wie es gerade seine Antennen reinigte, und dann, obgleich keinerlei Geräusch zu vernehmen war, mit denselben herumfocht. Jetzt kratzte ich ganz sachte mit dem Fingernagel auf einem Drahtnetz, worauf das Thier plötzlich Reissaus nahm, und als ich dies wiederholte, ruckweise sich fortbewegte.

E. 28. Dieselbe Grille überraschte ich ein andermal, als sie eben Mahlzeit hielt, mit einem starken Accord auf der Violine. Sie fuhr, wie vom Blitz getroffen, zusammen, blieb dann bewegungslos stehen, und streckte beide Fühler gerade nach vorne. Als ich nun einen zweiten Accord folgen liess, erschrack sie derart, dass sie sich bei der wilden Flucht überwarf.

Merkwürdigerweise blieb eine andere mit Vorderbeinen versehene Grille des Käfigs dabei ziemlich ruhig.

E. 29. Wie leicht man sich durch Beobachtungen über Schallempfindungen der Feldgrille im Freien täuschen kann, lehrt folgende Aufzeichnung.

Sonniger Nachmittag. Eine Grille ♂ steht vor ihrem Loch. Ich nähere mich leise bis auf $^1/_3$′ und errege jetzt, während ich meine Lage nicht verändere, verschiedene Geräusche. Mit einem Schlüsselbund, mit Auf- und Zuklappen des Taschenmessers, mit Klopfen auf einem Schlüssel. Das Thier blieb dabei ganz unbeweglich. Endlich fasse ich ein dürres Grasbüschel an, wodurch ein raschelndes Geräusch entstand, und die Grille blitzschnell in ihr Loch hineinhuschte.

Später machte ich unmittelbar über dem Loch einer anderen Grille, die an der Öffnung desselben stand, dieselben Geräusche, blätterte ausserdem heftig in meinem Notizbuche, pfiff, raschelte im Grase; das Thier aber blieb unbeweglich, ergriff indessen augenblicklich die Flucht, als ich den Boden, auf dem es stand, mittelst eines Faustschlages erschütterte.

Hier schliesse ich noch einige Beobachtungen in Bezug auf *Locusta cantans* an.

In der Dämmerung begab ich mich in ein nahe gelegenes Erlengebüsch, wo von allen Zweigen das Gezirpe des genannten Thieres erscholl.

Ich schlich mich ganz sachte an einen Busch heran. Die Thiere scheinen das geringste Geräusch, namentlich aber das Rascheln im Grase und Laube wahrzunehmen. Nach kurzer Zeit, als ich mich ganz still verhielt, fing die *Locusta* wieder zu zirpen an. Dabei unterscheidet man zweierlei Töne, den lauten zwitschern den Ton und dann eine Art leisen Nachhalles, wie man ihn etwa mit einem sog. Wasserpfeifchen erzeugen könnte. Letzterer wird erst 1—2 Secunden nach dem Anfange der eigentlichen Musik hörbar, endet aber, so viel mein Ohr unterscheidet, gleichzeitig mit dieser.

Wenn das Zirpen einmal im Gang ist, so geschieht es in — ich möchte sagen mathematisch genauen Absätzen von 6—7 Minuten Dauer, welche durch eine 2—3 Minuten währende Pause unterbrochen werden. Indess verhält sich dies nach Zeit und Umständen etwas verschieden.

Ich fing dann mehrere dieser Heuschrecken und gab jede in ein separates Glasgefäss. Einer wurden früher die Vorderbeine abgeschnitten.

Die unverletzten Individuen begannen erst am nächsten Tag wieder zu zirpen, während die trommelfell-lose Heuschrecke erst am dritten Tage sich hören liess.

In Bezug auf die Wahrnehmung verschiedener Geräusche konnte ich zwischen den ersteren und der letzteren keinen Unterschied bemerken. Sie liessen sich, wenn das Zirpen einmal im Gang war, nicht leicht stören. Sehr empfindlich schienen sie — sie unterbrachen nämlich regelmässig ihr Zirpen, wenn ich ihr Gezirpe durch rasches Hin- und Herfegen eines Messers auf einer matten Glasplatte nachzuäffen versuchte, oder mit dem Messer an der nahen Mauer kratzte. Wenn man derartige Schalle hervorbringt, so setzen die Thiere meist länger mit ihrem Gezwitscher aus.

Wichtig ist folgende Beobachtung: Die trommelfelllose Heuschrecke zirpte verhältnissmässig nur selten, wenn sie in ein besonderes Zimmer gegeben wurde, es kam mir aber vor, dass sie in dem Raume, wo eine andere Heuschrecke sehr fleissig zwitscherte, gleichfalls öfter sich hören liess. Einigemale wenigstens schien mir's ganz und gar, als ob sie, was sonst häufig vorkommt, ihrer Nachbarin geantwortet hätte.

Fassen wir nun zunächst zusammen, was sich aus den oben mitgetheilten Experimenten mit der Feldgrille ergibt, so unterscheiden wir wohl zweckmässig zweierlei Resultate, nämlich solche, die als sichere Thatsachen gelten dürfen, und dann solche, die nur einen gewissen Grad von Wahrscheinlichkeit besitzen.

Als sichere Thatsachen betrachte ich folgende:

1. Die Erregbarkeit gegen Schallschwingungen sowohl als gegen mechanische Reize auf die Tastorgane ist bei den einzelnen Individuen eine sehr ungleiche.

2. Diese Erregbarkeit steigert sich, wenn durch Verstümmelungen verschiedener Art das Nervensystem irritirt wird.

3. Die Grillen reagiren auf sehr verschiedene Schalle, Geräusche sowohl als Töne, aber nur dann, wenn sie eine gewisse Intensität haben, wenn ferner die Schallquelle nicht zu weit entfernt ist, und wenn nicht zu vielerlei Schallschwingungen gleichzeitig auf die Thiere einwirken.

4. Die Reaction auf Schalle und demnach auch die Schallempfindung ist im Allgemeinen um so stärker, je intensiver die Schalle selbst sind, und je schwächer die unmittelbar vorhergehenden Schallempfindungen waren. (Während der Nacht hören sie besser als bei Tag).

5. Gewisse Geräusche und Töne, namentlich gellende und kratzende, sowie Schalle von grosser Stärke überhaupt, erregen schmerzhafte Empfindungen, da die Thiere sich ganz abnorm geberden, in die Höhe springen, sich überwerfen, krampfhaft an allen Gliedern zittern u. s. w.

6. Die Erregbarkeit durch Schalle wird durch Entfernung der Tympanalapparate durchaus nicht vernichtet, sondern bleibt, so viel man aus den Reflexwirkungen folgern darf, völlig unverändert.

7. Die Schallempfindung ohne Tympanalapparat erstreckt sich speciell unter Anderem auch auf folgende Schalle: *a)* auf allerlei Geräusche, *b)* auf ziemlich leise aber hohe Töne der Violine, welche den von ihnen selbst erzeugten Tönen nahe kommen, und *c)* auf die letzteren selbst, indem Grillen mit abgeschnittenen Vorderbeinen öfter, wenn der Ruf ihrer Schwestern erschallt, unverkennbare Zeichen von Unruhe theils durch

Bewegung ihrer Fühler, theils, unter gewissen Umständen, selbst durch Zittern des ganzen Körpers von sich geben.

8. Die Grillen unterscheiden ohne Tympanalapparat nicht blos die Stärke eines Tones, sondern auch die Höhe desselben, indem sie, wenn man die Tonleiter der Violine spielt, bei gewissen Tönen auffallend stärkere Reflexerscheinungen erkennen lassen, als bei anderen, woraus weiter hervorgeht, dass die zur Fortpflanzung der betreffenden Schallwellen dienenden Körpergebilde, also in erster Instanz gewisse Integumentstrecken, nur durch gewisse Töne in Mitschwingung gerathen, und diese besser auf die eigentlichen Reizorgane übertragen, als solche, auf welche sie nicht oder doch nur unvollkommen abgestimmt sind.

Wahrscheinlich ist dann ferner:

1. Dass der Sitz der Schallempfindung im Kopfe ist, und dass

2. die Fühler, welche sich nicht selten der Richtung des Schalles zuwenden und fast regelmässig durch die verschiedensten Schallbewegungen afficirt werden, wo nicht bei der Empfindung selbst, so doch bei der Auffangung und Fortpflanzung der Schallvibrationen eine hervorragende Rolle spielen.

Bevor wir die bisher gewonnenen Resultate zur Lösung unserer Hauptfrage heranziehen, müssen wir früher noch über einen andern äusserst wichtigen Punkt uns Klarheit zu verschaffen suchen.

Es ist bekannt, dass ein und dasselbe „äussere Reizmittel“ der Qualität nach grundverschiedene Empfindungen veranlassen kann, je nach dem Sinnesorgan, welches davon erregt wird.

Dies gilt auch von Schallschwingungen, insoferne sie nicht blos eigentliche Schallempfindungen erzeugen und zwar durch die Vermittlung des Gehörorganes, resp. durch Erregung des Gehörnerven, sondern auch nebstdem noch die Tastnerven der durch dieselben erschütterten Haut afficiren können.

Die Schallempfindungen im weiteren Sinne, oder — correcter ausgedrückt — die durch den Schall erregten Empfindungen sind also von zweierlei Art, und es muss noch festgestellt werden, ob und inwieweit die oben als Schallempfindungen aufgeführten Effecte eigentliche Gehör- oder sog. schwirrende Tastempfindungen seien.

Wenn man bedenkt, dass, wie wir nachgewiesen haben, die Grille durch Erschütterungen selbst geringfügiger Art ausserordentlich leicht und — scheinbar wenigstens — viel leichter als durch Schalle afficirt wird, wenn man ferner überlegt, dass die heftigsten durch Schalle veranlassten Reflexerscheinungen durch ein Zittern aller beweglichen Körpertheile sich kundgibt, wenn man dann ins Auge fasst, dass die harte Körperdecke, sowie die dichtstehenden haarförmigen Anhänge derselben heftigeren Erschütterungen sehr gut zugänglich sind, so ist wohl nicht daran zu zweifeln, dass wenigstens viele der oben erwähnten Reactionen des Grillenleibes nicht oder doch weniger auf Gehör- als auf intensive Tastempfindungen zurückzuführen sind.

Andererseits muss wieder darauf hingedeutet werden, dass es doch mindestens sehr unwahrscheinlich ist, dass Luftvibrationen, wie sie durch das Gezirpe dieser Thiere selbst, sowie durch ziemlich leise Laute hervorgebracht werden, und die, wie wir vernommen haben, auch auf die der Trommelfelle beraubten Thiere einen entschiedenen Eindruck machen, von der Art sind, dass sie durch Erschütterung der Hautdecke die Tastnerven erregten.

Würde Solches dennoch behauptet, dann müsste ein wirkliches Gehörorgan ziemlich überflüssig erscheinen, und wäre auch nicht gut einzusehen, warum viele andere niedere Thiere, wie z. B. die Decapoden, die Mollusken, Würmer u. s. f. in dieser Beziehung mehr begünstigt sein sollten.

Halten wir aber, um die ganze Frage überhaupt nicht gegenstandslos zu machen, daran fest, dass die Feldgrille auch ohne Tympana wirkliche Schallempfindungen hat und insbesondere ihr eigenes Gezirpe vernimmt, was übrigens ja auch durch den Umstand sehr wahrscheinlich gemacht wird, dass sie nach Entfernung der Trommelfelle ihre musikalischen Productionen wochenlange noch fortsetzt, dann hat man sicherlich einen triftigen Grund, zu fragen, welche besondere acustische Function dem Tympanalapparate reservirt bleiben soll.

Man könnte zunächst daran denken, dass diese Organe eine, ich möchte sagen, detaillirtere Klangempfindung des Gezirpes dieser Thiere vermittelten, wodurch letztere den Gesang ihrer Gattung genau von dem verwandter Formen zu unterscheiden befähigt werden, und in der That lässt sich eine derartige Function von vornherein keineswegs in Abrede stellen.

Bedenklich kommt es uns nur vor, dass bei diesen Thieren dann gewissermassen zwei sich gegenseitig ergänzende und an so verschiedenen Orten untergebrachte Ohren existiren würden.

Bevor wir aber zunächst vom rein empirischen Standpunkt aus über die Bedeutung der Tympanalorgane das letzte Urtheil schöpfen, das wenig günstig für die Gehörfunction zu werden verspricht, erlauben wir uns noch, die Beobachtungen eines anderen Forschers, nämlich Dr. F. Rudow's [1], in die Wagschale zu legen. Er sagt: „Wie ich zur Ansicht gekommen bin (dass nämlich nicht die Tympana, sondern die Antennen der Orthopteren die Gehörwerkzeuge sind), mögen folgende Erfahrungen lehren: Es fiel mir auf, dass die Locustidenweibchen stets beim Zirpen des Männchens die Fühler nach der Seite hinstreckten, von der der Schall herkam. Ich drehte absichtlich die Thiere nach der entgegengesetzten Seite herum, aber stets wandten sich die Antennen der wahren Richtung zu. Ebenso beim Männchen, sowie das Weibchen näher kam und den schon erwähnten leisen Ton [2] vernehmen liess. Die vorderen Füsse blieben aber in derselben Lage, die sie einmal eingenommen hatten, und hinderten die verklebten angeblichen Gehöröffnungen die Wahrnehmung des Schalles keineswegs. Auch die Abtrennung der beiden Vorderfüsse und selbst Verschluss der (dadurch entstandenen) Wunden am Thorax trug nichts dazu bei, eine erwartete Gleichgiltigkeit hervorzurufen, denn nach wie vor wandten sich die Fühler der Schallgegend zu. Als ich jedoch diese entfernte und die entstandenen Löcher an der Stirn verklebte, blieben die Thiere beim fortgesetzten Zirpen der anderen Partei unberührt, während das Männchen zum Zirpen weniger aufgelegt wurde, in einzelnen Fällen während desselben Tages stumm blieb. Bei den Acridiern nahm ich dasselbe wahr. Weder eine Zerstechung des sogenannten Trommelfelles am Thorax, noch ein Verkleben der Öffnung hinderte die Thiere, sich nach der Richtung hin zu begeben, von der der Ton vernehmbar war. Beraubte ich sie dagegen der Fühler, dann trat dieselbe Gleichgiltigkeit ein, wie bei den Locustinen."

Da Dr. Rudow, wie aus seinem ganzen Aufsatz zu ersehen, ein sehr sorgfältiger Beobachter ist, so dürfen wir, namentlich wenn wir unsere eigenen Erfahrungen noch mit in Betracht ziehen, gewiss nicht bestreiten, dass an seinen Beobachtungen sehr viel Wahres ist. Ich bezweifle zwar, ja muss es geradezu als unrichtig bezeichnen, dass die genannten Orthopteren, namentlich die Acridierweibchen, ihre Antennen „stets" dem Schalle der musicirenden Männchen zuwenden, und umgekehrt. Dies ist ja häufig, wenn mehrere Männchen sich gleichzeitig produciren, gar nicht zu entscheiden, es ist aber für die Beantwortung unserer Frage schon sehr viel gewonnen, wenn constatirt ist, dass die Richtung ihrer Fühlhörner bisweilen wenigstens durch jene der Schallschwingungen bestimmt wird. Denn dies beweist ja, dass sie mittelst dieser Organe die Richtung der Luftvibrationen zu ermitteln im Stande sind, woraus sich dann weiter schliessen lässt, dass die Antennen dieser Thiere mindestens in sehr naher Beziehung zum eigentlichen Gehörorgan stehen müssen.

Bekanntlich sind auch die Fühler anderer Insecten schon von Alters her mit einer Art Schallempfindung in Zusammenhang gebracht worden, wobei man sich theils von einer scheinbaren Analogie mit den äusseren Ohransätzen der Säugethiere, theils von dem Umstande leiten liess, dass diese Organe, namentlich wo sie in Gestalt feiner, zum Tasten ungeeigneter Borsten auftreten, mehr zur Schallperception geeignet erscheinen.

---

[1] Einige Beobachtungen über die Lebensweise der Heuschrecken. (Zeitschrift für die ges. Naturw. von Giebel, 1870, pag. 347.

[2] Er sagt: „Zur Zeit der Begattung, wenn auf den Lockruf des Männchens das Weibchen herankroch, hörte ich oft einen eigenthümlichen Ton des letzteren, welcher in einem kurzen Knipsen bestand, und vermuthlich durch Aneinanderreiben der Oberflügel hervorgebracht wird", die, wie ich beisetze, in der That (vergl. meine Schrift über den Tonapparat der Locustiden, Zeitsch. f. wiss. Zool. Bd. 22) durch gewisse dornartige Rauhigkeiten des Spiegelfeldes hiezu geeignet erscheinen.

Was zunächst die gewisse „Analogie“ anlangt, die in sehr plumper Weise in allerjüngster Zeit wieder von Dr. Paasch [1] auf's Tapet gebracht wurde, so beweist uns doch das Verhalten der Antennen bei den Krebsen, wo sie bekanntlich in zwei Paaren auftreten, dass von einer morphologischen Vergleichung absolut nicht die Rede sein kann.

Dazu ist ja bekannt, dass manche andere Thiere, z. B. die Anneliden und Gasteropoden, gleichfalls Fühlhörner tragen, die doch unmöglich mit den Ohren der Säugethiere in Parallele gesetzt werden können, da sie ihre eigentlichen Gehörorgane häufig ganz wo anders haben.

Mehr Sinn hat schon die Frage, ob die Antennen — gewisser Insecten wenigstens — sich nicht ihrem Baue nach zur Schallleitung qualificiren.

Abgesehen davon, dass sie die exponirtesten Theile des Insectenkörpers und ganz dazu geschaffen sind, über Zustände des sie umgebenden Mediums Erkundigungen einzuziehen, zu denen vor Allem auch die verschiedenen Oscillationen desselben gehören, könnte man noch darauf hinweisen, dass ja auch die erklärten Gehörnervenendigungen anderer Thiere sich als frei in das oscillirende Gehörwasser hineinragende meist haarförmige Anhänge zu erkennen geben.

Und wenn speciell zugegeben wird, dass die gewissen Haare im Otolithensack der Krebse wirklich Hörhaare sind [2], so hat es gewiss nichts Befremdendes an sich, wenn man auch gewisse haarförmige Fortsätze der Insecten-Antennen als Schallleitungsorgane anspricht, oder den ganzen Fühler, der oft gewissermassen ein grosses Haar darstellt, als Ganzes in Mitschwingung gerathen lässt.

Dass übrigens die Ansicht, dass auch die Antennen anderer Insecten bei der Schallempfindung betheiligt sind, des thatsächlichen Haltes nicht ganz entbehrt, beweisen uns vor Allem die Beobachtungen einiger älterer ausserordentlich glaubwürdiger Entomologen, und verweisen wir speciell auf das von Kirby [3] angegebene Factum, wonach eine Mücke auf ein geringes Geräusch wenigstens dreimal hintereinander das nächste Fühlhorn dem Beobachter zukehrte, der noch ausdrücklich hervorhebt, dass die Antennen des genannten Thieres ganz frei standen und nicht durch Erschütterung bewegt werden konnten [4].

Überblicken wir jetzt, zu unseren Orthopteren zurückkehrend, noch einmal Alles, was bezüglich ihrer Schallempfindung durch das Experiment und die Beobachtung bisher constatirt worden, so dürfen wir jedenfalls den folgenden Ausspruch thun: die mit Tympanis und Zirporganen ausgestatteten Geradflügler (Feldgrille, *Locusta*, *Stenobothrus*) reagiren nach Beraubung ihrer trommelförmigen Organe auf verschiedene zum Theil geringfügige Geräusche, Laute (menschliche Stimme) und Töne, sowie auf das Gezirpe ihrer eigenen Art, und es ist in hohem Grade wahrscheinlich, dass die betreffenden Schalle hauptsächlich mit den Fühlhörnern aufgefangen und mittelst

---

[1] Von den Sinnesorganen der Insecten im Allgemeinen, von Gehör- und Geruchsorganen insbesondere. Troschel's Archiv 39. Jahrgang 2. und 3. Heft. Wie wenig diese Arbeit Beachtung verdient, mag nur der Umstand beweisen, dass der Verfasser die Gehörbläschen der Mollusken allgemein in den Kopf verlegt, und die Tracheen aus zwei Blättern bestehen lässt, zwischen denen sich eine Spiralfaser befindet.

[2] Hensen hat zwar bewiesen, 1. dass die Decapoden hören und 2. dass gewisse Haare durch Töne in Schwingung gerathen. Eine andere Frage ist es, 1. ob Haare, die durch gewisse Töne in Mitschwingung versetzt werden, auch eine Empfindung derselben vermitteln und 2. ob die gewissen Organe acustischer Natur sind.

[3] Einleitung in die Entomologie, Bd. 4, pag. 248.

[4] Anmerkungsweise sei hier erwähnt, dass Dr. H. Landois' Arbeit über „das Gehörorgan des Hirschkäfers“ (M. Schultres Archiv, 4. Bd.), das er bekanntlich auch in die Fühler verlegt, viele Unrichtigkeiten enthält. Ich hebe nur Einiges hervor.

1. Es ist unrichtig, dass auf dem Fühlerendblatt jederseits nur ein Gehörgrübchen (!) vorkommt. Es finden sich bisweilen gar keine, bisweilen aber mehrere, und sind das nichts weniger als distincte Grübchen, sondern einfache Eindrücke, wie man sie auch an anderen Körpertheilen, namentlich auf den Flügeln und am Halsschild der Käfer vorfindet.

2. Derartigen Unebenheiten begegnet man (mit Ausnahme des glatten ersten) auch an den übrigen beilartigen Fühlerlamellen bisweilen.

3. Die sogenannten Hörhaare sind keineswegs die unmittelbaren Fortsetzungen der terminalen Ganglienzellen, und ist der Axencylinder mit einem Cuticularcanal verwechselt worden!

eines von den Tympanis unabhängigen vermuthlich im Kopfe gelegenen acustischen Nervenapparates empfunden werden.

Nachdem wir nun bewiesen haben, dass bei den in Rede stehenden Geradflüglern Schallperceptionen sehr mannigfaltiger Art auch ohne die Tympanalapparate zu Stande kommen, und diese sich auch auf die gegenseitige Verständigung der Thiere erstrecken, so können wir jetzt in unbefangenerer Weise als es den früheren Forschern möglich war, an die Lösung der weiteren Frage herantreten, ob es nämlich wahrscheinlich ist, dass auch die gedachten Einrichtungen acustischer Natur sind.

Wir wollen nun die Für und Wider, welche betreffs dieser Ansicht ausgesprochen werden können, gewissenhaft untersuchen und schliesslich gegen einander abwägen.

Der nach meiner Ansicht gewichtigste Grund für die Annahme, dass die Tympanalapparate Gehörvorrichtungen und zwar speciell zur Perception der von diesen Thieren selbst erregten Schallwellen sind, liegt in dem über alle Controverse erhabenen Factum, dass bisher kein mit den typischen Tonwerkzeugen versehener Geradflügler bekannt geworden ist, der nicht auch vollständig entfaltete Tympana aufzuweisen hätte. Ich sagte typische Tonwerkzeuge, weil gewisse allerdings trommelfelllose Gryllacriden (z. B. *Gryllacris combusta* Gerst.) an den Abdominalseiten Rauhigkeiten besitzen, von denen ich zu vermuthen Grund habe, dass sie, vom Hinterschenkel angerieben, irgendwelche Töne oder mindestens Geräusche verursachen dürften.

Die Beweiskraft der vorgebrachten Thatsache scheint mir aber durch den Umstand viel einzubüssen, dass die Trommelfelle nicht auf die musicirenden Formen ausschliesslich beschränkt sind, sondern auch bei zahlreichen Arten getroffen werden, die sich theils nach der Erfahrung, theils nach ihrem Baue als stumme zu erkennen geben.

Wir erwähnen diesbezüglich unter den Acridiern nur die Pamphagiden, *Pezotettix*, *Platyphyma*, *Sphenarium*, und unter den Locustinen (vergl. Taf. I) *Schönobates*, *Daihinia*, *Aspidonotus*, *Hetrodes pupa*, *Meconema varia* und *Eugaster horridus*, bei welchen auch keine gegründeten Anhaltspunkte vorliegen, um sie etwa als Formen mit verkümmerten Zirporganen hinstellen zu können, indem beispielsweise die diesen Einrichtungen als Basis dienende Flügelrippung bei *Daihinia*, *Meconema* u. a. von der der zirpenden Arten wesentlich verschieden ist.

Mag man nun an eine Anerschaffung der Tympana und Zirporgane glauben, was ich nicht thue, oder aber eine successive und, wenn erstere musikalische Ohren sind, sich gegenseitig bedingende Entwicklung derselben annehmen, so bleibt das Vorkommen des acustischen Organs bei stummen Formen gleich unbegreiflich, und ist dann nur die Ausflucht möglich, sich dieselben zum Percipiren anderweitiger Schalle in Verwendung zu denken.

Eine weitere Stütze für die acustische Bedeutung der Tympanalorgane liegt dann im Bau derselben selbst.

Wenn man, was für ein Beziehungs- und speciell für ein Vibrationsorgan gewiss seine volle Berechtigung hat, in erster Linie das Äusserliche der gedachten Apparate in's Auge fasst, so kann man sich allerdings unmöglich der Meinung entschlagen, dass man es hier mit acustischen Einrichtungen zu thun hat, die gewissermassen das Höchste sind, zu dem es Insecten, ihrer ganzen Constitution nach, überhaupt bringen können.

Besonders auffällig ist die Trommelfellähnlichkeit der hier in Rede stehenden Cuticulardifferenzirungen bei den Acridiern, wo ausserdem häufig, wenn das gespannte Häutchen tiefer in das Körperlumen sich zurückzieht, eine Art äusseren Gehörganges oder gar eine ohrmuschelartige Bildung vorzuliegen scheint, die durch ihre Derbheit und die daran bemerkbare Kanellirung als vortreffliche Einrichtung zur Aufnahme und Fortpflanzung der Schallschwingungen sich darstellt.

Aber auch in der Abtheilung der Diplogasteren lässt sich, wenn auch in bedeutend verkleinertem Massstabe, was aber offenbar mit der Situirung derselben zusammenhängt, das ohrartige Gepräge der äusseren Tympanalgebilde der Acridier wieder erkennen, und erreicht, vom Trommelfell selbst abgesehen, namentlich

die morphologische Convergenz betreffs der das letztere äusserlich umschliessenden Integumentfalten einen solchen Grad, dass man sich gezwungen sieht, ihr auch einen physiologischen Werth beizumessen.

Es wäre hiebei speciell noch auf die Lage dieser Organe, und wenn sie verkapselt sind, auch auf jene der Spalte hinzuweisen. Bedenkt man nämlich, dass die Tympana an den Vorderbeinen liegen und dass die Spalte der geschlossenen Trommelfelle, mit geringen Ausnahmen, nach vorne gerichtet ist, so scheint die ganze Einrichtung wie dazu geschaffen, die von dieser Seite herkommenden Schallwellen aufzufangen und die Richtung derselben, respective den Aufenthalt des betreffenden Musikanten zu erkennen.

Andererseits wird man aber wieder zugeben müssen, dass von einer wirklichen Analogie (dieses Wort im modernen Sinne nur auf physiologisch nahe stehende Organe angewendet) der äusseren Tympanalorgane der Insecten mit jenen der Wirbelthiere erst dann die Rede sein kann, wenn früher bewiesen ist, dass die Trommelfelle der ersteren in der That einen den letzteren ähnlichen Effect hervorbringen und speciell durch die von unseren Thieren erregten Schalle in Mitschwingung gerathen.

Ich zweifle nicht im mindesten daran, dass ein Physiologe von der Meisterschaft eines Helmholtz diese Frage mit Hilfe eigens hiezu construirter Apparate auf exact-physikalischem Wege zu lösen vermag, und gebe mich auch der Hoffnung hin, dass bei der eminenten Wichtigkeit dieser Angelegenheit diesbezügliche Experimente, die sich auch auf die Analyse der hier hauptsächlich in Betracht kommenden Klänge erstrecken müssten, nicht lange mehr auf sich warten lassen; für den Augenblick aber ist Alles, was wir sagen können, nur soviel, dass es im hohem Grade wahrscheinlich ist, dass die in einem derben Rahmen ausgespannten, ausserordentlich zarten und sehr elastischen Tympanalhäutchen, die entschieden weder als Schallerreger noch als Resonanzapparate fungiren, wie ältere Forscher behauptet hatten (Kirby, Burmeister u. s. f.), vortrefflich zu Schallperceptoren qualificirt sind.

Dabei darf jedenfalls dann auch der Umstand in Anschlag gebracht werden, dass für die in Rede stehenden Membranen keinerlei andere Bestimmung ermittelt werden kann.

Wenn es sich hier nicht um einen entschiedenen Sinnesapparat handelte, und wenn die Tympanalmembran nicht von einem besonderen distincten Rahmen umschlossen, sowie häufig von einer krempenartigen Integumentduplicatur überragt wäre, könnte man mit einigem Grunde allerdings fragen, ob die tympanale Hautverdünnung nicht etwa, namentlich am Abdomen der Acridier, mit der Respiration im Zusammenhang stehe, indem die Tympana derselben in der That in Folge ihrer Nachgiebigkeit den ihnen innerlich anliegenden Tracheenblasen einen grösseren Spielraum verstatten, der insbesondere den zum Flug befähigten Arten zugute kommen dürfte.

Nach den bisherigen Auseinandersetzungen hat es sich also als sehr wahrscheinlich herausgestellt, dass die Tympana unserer Thiere acustischer Natur sind, wir haben indess auch einige Gründe dafür anzuführen, dass sie diese Bestimmung nicht nothwendig haben müssen.

Zunächst darf ich darauf hinweisen, einmal, dass bei allen übrigen Wirbellosen, soviel man bisher erfahren, nirgends derartige Bildungen speciell für den genannten Zweck bekannt geworden sind, denn die Otolithensäcke der Krebse, wenngleich auch Integumenttaschen, lassen im Übrigen doch keine nähere Vergleichung zu, und dann, dass auch in der Abtheilung der Hexapoden, wo lauterzeugende Einrichtungen doch in weiter Verbreitung vorkommen, ein ähnliches correspondirendes Perceptionsorgan sonst nirgends noch beobachtet wurde, wobei die noch immer nicht völlig enträthselten Verhältnisse bei den Singcicaden allerdings nicht in Anschlag gebracht werden.

Ungleich wichtiger aber als das eben Vorgebrachte dünkt mich der Umstand, dass speciell bei den Gryllodeen neben den eigentlichen oder Tibialtrommelfellen noch andere sehr auffallend differenzirte Integumentstrecken, und zwar am Hinterleibe, meist in der lateralen Gelenkshaut zwischen dem 2. und 3. Abdominalstigma, auftreten, die in der That ihrer ganzen Gestaltung nach zu einer Vergleichung mit den Tympanalorganen herausfordern.

Dr. H. Landois hat diese schon seit langem bekannten eigenthümlichen Gebilde nach ihrer Form bei einigen einheimischen Arten (*Gryllotalpa*, *Gryllus campestris* und *domesticus*) als löffelförmige Organe näher

beschrieben [1], und hält sie wegen einer entfernten, wie es scheint auch auf gewisse Vibrationsmuskeln sich ausdehnenden Ähnlichkeit mit den Tympanis der Cicaden, für rudimentär gewordene Tonapparate, indem sie nach seiner Meinung bei jenen Formen, die relativ schwache Zirpwerkzeuge besitzen, verhältnissmässig stärker entwickelt sein sollen, eine Ansicht, die, weil man von diesen Organen keinerlei Töne vernimmt, von vorne herein wenigstens eher einer leeren Vermuthung ähnlich sieht.

Man wird mir gerne glauben, dass ich den in Rede stehenden Bildungen nicht aus dem Wege gegangen bin, sondern ursprünglich im Sinne hatte, dieselben mit in den Bereich der vorliegenden Abhandlung hereinzuziehen.

Indem ich aber zunächst die ziemlich variabeln cuticularen Theile derselben bei verschiedenen Gryllodeentypen wahrnahm und die Weichgebilde der einheimischen näher studirte, sah ich bald ein, dass die Sache nicht so einfach abzumachen sei und Stoff genug für eine besondere Arbeit abgibt, deren Publication im Laufe der nächsten Zeit erfolgen wird.

Vorläufig genügt für unsere nächsten Zwecke die Bemerkung, dass die fraglichen Organe, die allem Anschein nach nicht sensibler Natur sind, keineswegs immer löffelartig, wie bei *Gryllotalpa*, *Gryllus*, *Phalangopsis*, *Platydactylus* u. s. f. sich gestalten, sondern nicht selten ganz und gar das Aussehen der offenen Acridiertrommelfelle annehmen, ja dass es bisweilen (*Mogoplistes*) sogar zur Entwicklung eines distincten schmalen, meist etwas einseitigen Rahmens kommt, wobei dann die bisweilen (*Phalangopsis*) nach aussen stark convexe, verdünnte und sehr elastische Hautstelle ein besonderes rauheres Feld (*Tridactylus*) erkennen lässt, wodurch die Ähnlichkeit mit den eigentlichen Tympanis geradezu eine sprechende wird.

Contra Landois muss ich dann nur noch beisetzen, dass beispielsweise dieses Organ beim stummen *Gryllus apterus* weit weniger entfaltet ist, als bei der Feldgrille, was also seiner vorgefassten Meinung schnurstracks zuwiderläuft.

Was lässt sich nun aus dem zuletzt Mitgetheilten folgern? Wir haben gesagt, dass die sog. löffelförmigen Organe keine Tonapparate sind, da wir von ihnen keinerlei Töne vernehmen und zu diesem Zwecke ohnehin schon andere Einrichtungen bestehen. Was haben sie also dann für eine andere Bestimmung? Als Ohren erschienen sie, wenn man die Tympana solche sein lässt, doch gewiss höchst überflüssig, und wurde zudem auch bisher ein entsprechendes Nervenende vermisst. Also? Also müssen wir vorläufig gestehen, dass wir über ihre Bedeutung nichts wissen, dass demnach trommelfellähnliche Hautstellen nicht nothwendig acustischer Natur sein müssen.

Und wäre es dann, müssen wir weiter fragen, consequent, wenn wir behaupten würden, dass dies bei den eigentlichen Tympanis der Fall sei? Darauf wird man aber antworten, dass sich solches aus der übrigen Einrichtung der Tympanalapparate ergebe. Wir wollen sehen.

Nehmen wir zunächst die Tracheengebilde vor. Betreffs der Acridier ist oben umständlich genug auseinandergesetzt worden, dass die betreffenden Organtheile durchaus keine besonders adaptirten Einrichtungen sind. Im Übrigen lässt sich freilich nicht läugnen, dass derlei Lufträume in unmittelbarem Anschluss an das vibrirend gedachte Trommelfell und die demselben anhaftenden Nervenendigungen recht passend erscheinen, um einerseits den Schallschwingungen eine gewisse Dauer und stärkere Excursionsweite zu geben und andererseits vielleicht sogar einen gewissen Grundton gegen die unharmonischen Obertöne zu begünstigen, sowie die unmittelbare Verbindung dieses resonirenden Luftsackes mit der Aussenwelt, wie schon Siebold bemerkt, mit der Tuba Eustachii verglichen werden kann.

So passend aber auch die ganze Lage der Acridiertympana vom acustischen Standpunkt aus auf den ersten Blick erscheint, so lässt sich, wie mich dünkt, doch ein sehr gewichtiger, ja entscheidender Grund dagegen anführen.

---

[1] Über ein dem sog. Tonapparat der Cicaden analoges Organ bei den hiesigen Grillen. Zeitschrift f. wissensch. Zool. Bd. XXII, p. 348. Vergl. diesbezüglich auch meine etwas allzu flüchtigen Gegenbemerkungen im 66. Bd. d. Sitzber. der kais. Akad. d. Wissenschaften, I Abth. Dec.-Heft. Jahrg. 1872.

Soll nämlich der bezeichnete Luftbehälter in Betreff der Läuterung und Verstärkung gewisser Schwingungen einen gleichbleibenden Effect haben, so müsste doch wohl auch sein Volumen und seine Form eine unveränderliche sein.

Dies ist aber bei dem im Ganzen kugelförmigen „Resonator" der Acridier keineswegs der Fall, indem sich derselbe unausgesetzt und zwar sehr bedeutend verengt und wieder erweitert, so dass während der Inspiration, wo der Resonator das grösste Volumen hat, ein tieferer, bei der Exspiration dagegen, wo der mitschwingende Luftraum um ein Mehrfaches sich verringert, ein höherer Grundton zur Verstärkung gelangen würde, womit offenbar eine Gleichmässigkeit der Gehörempfindung nimmermehr bestehen könnte, abgesehen davon, dass durch die bezeichneten Athembewegungen ja auch die Spannung des Trommelfelles verändert wird.

Fassen wir die Tympanaltracheen der Diplogasteren ins Auge, so kann hier eine auf die Tympana sich beziehende Differenzirung sicher nicht geleugnet werden, und ist insbesondere bei den meisten trommelfellbegabten Locustinen die weite Öffnung der in Rede stehenden Trachea am Prothorax zu erwähnen, eine Erscheinung, die um so eher auf ein acustisches Organ bezogen werden kann, als sie, wie es scheint, ausschliesslich nur auf die zirpenden Formen beschränkt ist, während sich bei den übrigen Arten, gleichgiltig ob sie ein Trommelfell haben oder nicht, entweder nur ein einfaches gemeinsames Stigma für die Rumpf- und Extremitätentracheen vorfindet oder aber die gewisse Öffnung (*Meconema*) mehr rudimentär erscheint.

Bedenkt man aber, dass die Entfaltung der tympanalen Tracheenerweiterung, die den ganzen Raum zwischen den beiderseitigen Trommelfellen ausfüllt, von jener der bezeichneten Prothoraxspalte sich völlig unabhängig erweist (*Deinacrida*), so wird man derselben in Bezug auf die Tympana kein zu grosses Gewicht beilegen dürfen, und gilt betreffs des als Resonator angesprochenen Luftrohres dasselbe, was bei den Acridiern angeführt wurde, indem sein Volumen gleichfalls rythmischen Schwankungen unterworfen ist, und die Trommelfelle, wie man sich leicht an lebenden Thieren überzeugen kann, wenn auch mit geringerer Excursionsweite, an diesen Bewegungen participiren.

Es ist selbstverständlich, dass, wenn es sich um die Eruirung einer Sinnesfunction handelt, der vergleichenden Betrachtung der diesbezüglichen Nervenendigungen eine besondere Beachtung geschenkt werden muss, wenn wir auch häufig vor diesen Gebilden, namentlich wo es an Analogien mit den ihrer Function nach völlig bekannten Nervenenden anderer Thiere mangelt, ganz unschlüssig dastehen.

Gehen wir von dem morphologisch einfacheren Verhalten der Acridier aus. Hier tritt das zu einem ansehnlichen Ganglion verdickte Nervenende unmittelbar an die Innenseite der Tympana heran, wobei es sich, bei den typischen Formen wenigstens, in drei Abschnitte gliedert, die sich an besondere verdickte Stellen des gespannten Häutchens anheften.

Was die Nervenendigungs-Elemente selbst betrifft, so stimmen dieselben, obgleich in sehr grosser Zahl — wenigstens über 100 — vorkommend, nicht blos hinsichtlich ihrer Form und Beschaffenheit, sondern auch in Bezug auf ihre Grössenverhältnisse so vollkommen mit einander überein, dass man kaum fehlgreifen wird, wenn man ihnen auch eine identische Perceptions-, resp. Leitungsfähigkeit zuschreibt.

Es sind Gebilde von im Ganzen sehr einfachem Bau, nämlich bipolare Ganglienzellen, deren ziemlich langgestreckte Endfasern sich direct mit den Hypodermiszellen verwachsen zeigen, und die in ihrer mittleren spindelartig angeschwollenen Strecke ein hohles stiftartiges Gebilde enthalten, das mittelst eines fadenförmigen Fortsatzes unmittelbar mit der Ganglienzelle verbunden ist, wodurch es entschieden eine nervöse Natur zu erkennen gibt.

Indem wir über die functionelle Bedeutung des letztern, als einer ganz isolirt dastehenden Bildung, unsere Unkenntniss eingestehen, möchten wir nur der Meinung Raum geben, dass sich die Function der tympanalen Nervenendröhren der Acridier, wenn sie überhaupt acustischer Art wäre, schwerlich über viele und vielerlei Töne erstrecken könnte.

Die tympanale Nervenausbreitung der Diplogasteren scheint uns nur in gewissem, nämlich histologischem Sinne mit dem der Acridier vergleichbar. Ihre Beziehung zu den Tympa-

nis nämlich ist keine unmittelbare, sondern, zum Theil wenigstens, nur durch das Tracheenrohr hergestellt, indem die Crista sowohl als der supratympanale Nervenapparat hauptsächlich an dieses sich anlehnt, und die allfälligen Schwingungen der Trommelfelle gewissermassen nur auf Umwegen zu ihnen gelangen können.

Am meisten fällt dieser Unterschied in der Lagerungsweise am supratympanalen Ganglion auf, das, von den wahrscheinlich ganz passiv sich verhaltenden Fixirungsfasern abgesehen, histologisch fast Punkt für Punkt dem betreffenden Acridierorgan entspricht, mit dem es bekanntlich sogar die allgemeine Gliederung theilt, dessen peripherisches Ende aber nicht mit dem Tympanum, sondern mit einer — morphologisch wenigstens — ganz indifferenten Integumentstelle verknüpft ist, eine Stelle, die zudem an oder sogar ausserhalb der Grenze der Tympana fällt.

Es will mir scheinen, dass dieses ganze Verhalten sehr viel zu denken gibt. Wird das Müller'sche Ganglion — so dürfen wir schliessen — direct vom Tympanum aus erregt und dem supratympanalen Diplogasterenorgane äquivalent gedacht, so kommen wir zu dem interessanten Dilemma, dass letzteres entweder durch das indifferente Integument erregbar ist, wodurch dann selbstverständlich die Tympana, als acustische Theile wenigstens ziemlich überflüssig erscheinen, oder dass, was physiologisch bedeutungsvoll wäre, diese Afficirung, ähnlich wie an der Wirbelthierretina, die Nervenenden nicht unmittelbar treffen.

Noch mehr Beachtung verdient folgende Erwägung. Es weiss Jedermann aus Erfahrung, und ist dies auch aus dem Bau der betreffenden Werkzeuge ersichtlich, dass die Musik, welche die Acridier hervorbringen, von jener, welche den Gryllodeen eigen ist, sehr wesentlich verschieden ist, während die von den letzteren und den Locustinen erzeugten Töne selbst in Bezug auf die Klangfarbe einander sehr nahe kommen.

Was sollte man nun, fragen wir, hinsichtlich des Baues der speciell zur Perception dieser Lautäusserungen bestimmten acustischen Nervenendigungen a priori erwarten?

Ich denke nichts Anderes, als dass erstens der ganze Grundplan dieser Theile bei allen Orthopteren im Ganzen und Grossen derselbe sei, und dass zweitens die tympanalen Nervenendigungssysteme der Gryllodeen und Locustinen einander näher stehen, als jene der Gryllodeen einer- und der Acridier andererseits.

In Wirklichkeit finden wir aber das gerade Gegentheil, oder besser ausgedrückt, in der Crista der Locustinen liegt ein Nervenorgan vor, von dem wir gar nicht begreifen, erstens warum es den Orthopteren, und zweitens warum es speciell den Gryllodeen mangelt, resp. wozu es — wenn es acustischer Natur ist — den Locustinen dienen soll.

Wäre die Crista oder das Siebold'sche Organ, histologisch genommen, nur ein einfacher Abschnitt, eine Art bandförmiger Verlängerung des den Gryllodeen und Acridiern gemeinsamen Ganglions, bestünde also aus denselben einander identischen integumentalen Endröhren mit gleichfalls übereinstimmenden stiftartigen Körperchen, so wäre — sollte man meinen — der Eigenthümlichkeit der Locustinen hinlänglich Rechnung getragen, namentlich wenn man, wie schon hervorgehoben, bedenkt, dass die sonst einander viel ferner stehenden Gryllodeen und Acridier an ihren vermeintlichen Ohren durchaus nichts Besonderes haben.

Die fragliche Nervenendigung der Locustinen erweist sich aber in doppelter Beziehung als eine ganz aparte Bildung, nämlich einmal dadurch, dass ihre Endelemente nicht als mit dem Integument verwachsene Röhren mit stiftartigen Körperchen sich darstellen, sondern frei in das Beinlumen hineinragende blasenartige Erweiterungen bilden, die, von der Binnenblase abgesehen, ein differenzirteres und mehr birnförmiges Gebilde beherbergen, und dann zweitens dadurch, dass diese terminalen zellartigen Nervenanschwellungen nicht alle von gleicher Grösse sind, wie am andern Organ, sondern, in einem Abschnitt wenigstens, eine höchst regelmässige Gradation erkennen lassen.

Nach Analogie mit dem Verhalten der Nervenendigungen in der Schnecke der Wirbelthiere zu urtheilen, wo gegen das Ende zu gleichfalls eine successive Verjüngung derselben stattfindet, möchte man auch hier zunächst geneigt sein, diese Erscheinung mit der Perception verschieden hoher Töne in Zusammenhang zu bringen. Wenn wir aber überlegen, dass das Gezirpe in dieser Gruppe eben so monoton ist wie bei den übrigen Familien, und die allfällige Meinung, es könnte sich hier auch um die Wahrnehmung fremder Tonproduc-

tionen handeln, auch auf diese sich ausdehnen liesse, so wird man sich wenigstens gestehen müssen, dass dem Siebold'schen Organ als acustischer Einrichtung eine höchst zweifelhafte Rolle zufällt.

Nachdem wir jetzt die allgemeine Gliederung und Lagerungsweise der Tympanalganglien bei den Orthopteren verglichen haben, und dabei zu dem Resultate gelangt sind, dass die Annahme, es seien Gehörwerkzeuge, zu scheinbar wenigstens ganz unlösbaren Widersprüchen führt, wollen wir weiter die Frage in Erwägung ziehen, ob die besagten Nervenendigungen an und für sich betrachtet uns hinsichtlich ihrer Erregbarkeit einen bestimmten Anhaltspunkt geben.

Nach Leydig's Darstellung[1], der sich in den wesentlichen Punkten auch Hensen anschliesst, wäre dies in der That der Fall. Leidig calculirt so: Da die in Rede stehenden Nervenendigungen, nach seiner Ansicht, morphologisch genommen jenen des Opticus am nächsten kommen, so dürfte „besagtes Organ der Insecten einem dem Auge an Complicirtheit der Bildung zunächst stehenden Sinne, also dem Gehörsinne dienen".

Darauf sei vorerst bemerkt, dass nach unserer gegenwärtigen Kenntniss vom Baue der Arthropodenretina eine Parallelisirung ihrer Elemente mit jenen des fraglichen Insecten-Acusticus, im Sinn Leydig's und Hensen's, wohl nicht mehr statthaft ist.

Ein gemeinsamer Grundplan ist allerdings vorhanden, insoferne beiderlei Bildungen, sowie die Sinnesnervenenden der Insecten überhaupt sich als peripherische Fortsätze der terminalen Ganglienzellen erweisen, die (an der Cornea so gut wie am Tympanum und an den Tast,- Riech- und Schmeckhaaren) mit den Matrixzellen des Integuments verschmelzen, resp. von hier aus einen scheidenartigen Überzug erhalten; im Übrigen gewähren aber die gedachten Nervenröhren, wie wir gleich näher zeigen werden, keinerlei Vergleichungspunkte.

Leydig ging bei seiner diesbezüglichen Erörterung von der Ansicht aus, dass die specifischen Körperchen der Tympanalapparate morphologisch den Krystallkegeln und Stäben des Opticus entsprächen, was Hensen auf die Krystallkegel allein beschränkt.

Fragen wir uns nun zunächst, was sind die Krystallkegel und was die tympanalen Körperchen?

Seitdem der unsterbliche Max Schultze[2] nachgewiesen, dass die Krystallkegel nach innen zu sich scharf vom sog. Sehstab abheben und an der Aussenseite nicht selten (*Lampyris*) mit den Corneafacetten zu einem untrennbaren Ganzen verschmolzen sind, kann wohl Niemand mehr daran zweifeln, dass es rein integumentale Gebilde sind.

Die tympanalen Körperchen hingegen erweisen sich als hohle Anschwellungen des aus der Ganglienkugel entspringenden fadenartig verjüngten Axencylinders, demnach als wahrhaft nervöse Elemente, so dass ich absolut nicht begreifen kann, wie Hensen dazu kommt, dieselben sogar dort, wo sie, wie an der Crista, mit dem Integument in gar keiner näheren Beziehung stehen[3], „an die Haare und Papillen der Cuticula anzureihen".

Wenn man zwischen den Retina- und Tympanalfasern schon einen Vergleich machen wollte, so könnten die Stifte und Kolben der letzteren nur den Sehstäben gegenübergestellt werden, wobei aber, wenn man die lamelläre Zusammensetzung dieser Gebilde bedenkt, kaum etwas herauskommen kann.

Gegen Leydig's Deductionen, nach denen aus einer gewissen Complicirtheit oder eigenthümlichen Differenzirung der uns beschäftigenden Nervenschläuche auf eine höhere Sinnesfunction, nämlich die Schallempfin-

---

[1] Über Geruchs- und Gehörorgane der Insecten. Müller's Archiv f. Anat. und Phys. 1860, pag. 309 und 310.

[2] Untersuchungen über die zusammengesetzten Augen der Krebse und Insecten. Bonn. 1868.

[3] Dass man unsere Körperchen unmöglich mit einem haarförmigen gleichgiltig ob entfalteten oder erst in der Entwicklung begriffenen Cuticularanhang vergleichen kann, beweist auf das Schlagendste das Verhalten derselben bei *Dyticus* u. a. (vergl. Leydig), wo beiderlei Gebilde, nämlich unsere Körperchen und den Haaren entsprechende Cuticularpapillen, neben einander vorkommen.

dung, geschlossen werden könne, dürfte übrigens auch geltend gemacht werden, dass die unzweifelhaft acustischen Nervenendzellen anderer Thiere im Vergleich zu jenen der übrigen Sinnesorgane (das Auge ausgenommen) durchaus nichts besonders Hervorragendes haben, und die gewisse Complicirtheit des Gehörorgans sich mehr auf das übrige acustische Zugehör, Leitungsapparate etc., bezieht.

Wenn ferner Hensen auf die Analogie im Vorkommen chordaartiger Axialfäden in den tympanalen und Hörhaar-Nervenendigungen hinweist, so dürfte, nach unserem Ermessen, wohl nicht viel davon zu halten sein, da die Krebschorden straff ausgespannte Fäden sind, während jene der Geradflügler an freischwebenden Gebilden, nämlich den stiftartigen Körperchen,[1] endigen.

Aus dem Bisherigen ist, glaube ich, so viel ersichtlich, dass sich aus der Beschaffenheit der tympanalen Nervenendigungen kein sicherer Schluss auf ihre Function wird ziehen lassen; wir wollen aber jetzt sehen, ob nicht etwa die Verbreitung dieser Gebilde bei anderen Insecten ein günstigeres Resultat ergibt.

Was uns über das Vorkommen derartiger Nervenröhren, resp. stiftartiger Körperchen bekannt geworden, verdanken wir Alles den genialen Forschungen Leydig's. Seine diesbezüglichen Entdeckungen betrafen zunächst die voluminösen Nervenendapparate in der Subcostalrippe mehrerer Käfer (*Dyticus, Acilius, Melolontha, Lucanus, Telephorus*) und in der Halterenbasis der Dipteren (*Musca, Eristalis, Scatophaga*).

Speciell das Schwingkolbenganglion der Dipteren, am Integument durch haartragende Cuticulartaschen markirt, erinnert durch seine ganze Form sehr auffallend an das Müller'sche Organ der Acridier, während zugleich, was höchst interessant ist, durch die Sonderung seiner specifischen Körperchen in zwei Packete, von denen das eine stift-, das andere mehr dickköpfige birnförmige Elemente enthält, ein enger Anschluss an das Verhalten bei den Locustinen gegeben ist, wobei man nur bedauern muss, dass die Beziehung der beiderlei Körperchen, resp. Endkolben der Dipteren zum Integumente nicht völlig klar gelegt ist.

Wenn Leydig diesen Nervenendapparat der Zweiflügler als ein Gehörorgan in Anspruch nimmt, so kann zum vorhinein dagegen um so weniger Etwas eingewendet werden, als die betreffenden Insecten bekanntlich auch eine Stimme haben.

Überlegt man aber, dass derselbe Forscher bei *Musca domestica* noch zwei andere vom Brustknoten entspringende Paare von ganz ähnlichen Ganglien entdeckt hat [1], so muss man doch etwas stutzig werden, und wird sich auch durch Leydig's Bemerkung, dass ja auch die Augen vieler Arthropoden in mehreren Paaren auftreten, nicht völlig beruhigt finden.

Was das meist bandförmig gestreckte Subcostalganglion der Käfer anlangt, dessen integumentale Markirung auch bei anderen Insectenordnungen und zwar zum Theil an verschiedenen Flügelrippen erkannt wurde, so hat sein Entdecker die acustische Bedeutung derselben lediglich aus der Analogie mit den als sichere Gehörorgane angenommenen Tympanalapparaten der Orthopteren gefolgert.

Die Frage aber, inwieferne die Flügel- und speciell die Basalrippen derselben zur Schallleitung besonders disponirt sein sollen, dürfte wohl schwer zu beantworten sein; und käme auch zu bedenken, dass dieselben für gewöhnlich durch die derben Elytren ganz verdeckt sind, wodurch die Möglichkeit einer entsprechenden Schallleitung zwar durchaus nicht bestritten werden soll.

Viel wichtiger erscheint uns aber ein anderer Umstand. Wir haben gesagt, falls die Tympanalapparate überhaupt acustischer Natur sind, müsste aus ihrer Verbreitung gefolgert werden, dass sie hauptsächlich der Zirporgane wegen da sind. Wenn nun bei anerkannt völlig stummen Käfern dieselben Nervenendigungen wiederkehren, so dürfte man wohl wenig Grund haben, die Function der tympanalen Gebilde auf die Perception der angedeuteten Schalle einzuschränken.

Aber noch mehr. Die gewissen specifischen Körperchen, die man, seit sie im Tympanalapparate der Geradflügler beobachtet worden, mit der Schallempfindung in Beziehung bringt, kommen bei den Käfern — und dasselbe dürfte sich bei erneuten Nachforschungen auch für andere Ordnungen ergeben — nicht blos in

---

[1] Tafeln zur vergleichenden Anatomie. Tübingen, 1864. Taf. VIII, Fig. 1*d*.

der Flügelbasis vor, sondern sind auch an verschiedenen Stellen der Antennen[1] (*Hydroporus, Telephorus*), der Maxillar- und Labialpalpen (*Hydroporus*), sowie im Tarsus der genannten Käferlarve gefunden wurden, womit die generelle Verbreitung dieser Gebilde im Insectenkörper hinlänglich constatirt ist.

Wenn man nun, wie es bisher geschehen, den in Rede stehenden Körperchen ganz allgemein eine acustische Bedeutung zuschreibt, so kommt man consequenterweise zu dem Resultate, dass z. B. *Dyticus* sowohl mit den Flügeln, als mit den Antennen, Palpen und Füssen höre.

So lange man die Insecten für sich allein betrachtet, lässt sich gegen eine solche allgemeine Verbreitung acustisch qualificirter Nervenendigungen nicht viel einwenden; wenn man aber das bezügliche Verhalten bei den übrigen Thiergruppen nicht aus dem Auge verliert, wo, wie z. B. bei den Anneliden und Krebsen, die fragliche Function auf ein histologisch völlig in sich abgeschlossenes Gebilde localisirt ist, so möchte es sich doch als sehr unwahrscheinlich herausstellen, dass bei den Insecten das Gehörorgan so wenig Beständigkeit habe, und die Schallempfindung fast ähnlich wie der Tastsinn sich fast über den ganzen Körper erstrecke.

Es ist geistreich zu sagen, wie das Gegenbaur thut, „die Gehörorgane gehen aus einer Differenzirung der allgemeinen mit dem Integument verknüpften Empfindungsorgane hervor“, man muss aber fragen: ja welcher Qualität sind denn diese allgemeinen Empfindungen, wie hat man sich ferner die Umwandlung der diesen Empfindungen dienstbaren Nervenelemente in wirkliche Schallperceptoren zu denken, und wie und woraus entstehen die eigenartigen Körperchen?

Ich weiss zwar, dass z. B. durch den Gebrauch oder Nichtgebrauch, sowie durch andere Umstände die Energie eines bestimmten Sinnes sich bedeutend ändern kann, es fehlt uns aber meines Wissens noch an Thatsachen, die beweisen, dass z. B. ein Nervenende, das ursprünglich keine wirkliche Schallempfindung vermittelte, allmählig in ein echtes Gehörelement sich verwandelt hätte[2].

Es wurde jetzt, und, wie uns dünkt, in ziemlich erschöpfender Weise die Frage erörtert, ob die Tympanalapparate der Geradflügler überhaupt acustischer Natur sind, und wenn dies, ob man es mit Gehörorganen im gewöhnlichen Sinne dieses Wortes oder mit einer Art Partialsinn zu thun habe, der vornehmlich nur durch die von diesen Thieren selbst hervorgebrachten Schalle erregt wird.

Eine bestimmte Antwort auf diese Frage hat sich aber leider aus unseren Erörterungen nicht ergeben, indem den Gründen, welche für die acustische Natur der problematischen Organe sprechen, wie namentlich die äussere Gestalt und Verbreitung derselben, mindestens eben so viele und nach unserem subjectiven Ermes-

---

[1] Leydig's Tafeln, X, Fig. 1, 4 und 5 *b*.

[2] An dieser Stelle erlauben wir uns ein paar allgemeine Bemerkungen über anderweitige Sinnesorgane der Insecten zu machen.

Leydig unterscheidet ausser Seh- und Gehörorganen nur Tast- und Riechorgane, spricht sich dagegen über Geschmacksorgane gar nicht aus.

Da Leydig's Ansichten, nach denen die Geruchsfunction an gewisse haarförmige Fortsätze der Cuticula, die sog. Riechhaare, gebunden sei, vielfache Anfeindung findet, die entschieden aus völliger Unkenntniss der Eigenthümlichkeiten des Arthropodenwesens entspringt, so möchten wir Folgendes zu beherzigen haben: Da die weiche Hautlage oder Epidermis, die sich bei den meisten übrigen Thiergruppen als der Sitz gewisser Sinnesorgane erweist, bei den Insecten nirgends frei zu Tage tritt, sondern von einer im Ganzen sehr derben Cuticula maskirt wird, so ist doch nichts einleuchtender, als dass das Integument dort für äussere Reize am empfindlichsten ist, wo die weiche, direct mit den Nervenendigungen verwachsene Lage durch die relativ dünnste Cuticularschichte von der Aussenwelt getrennt wird, und dies ist eben in der Regel an den haarartigen Ausstülpungen der Fall.

Die Frage dagegen, welche dieser meist haarförmigen Cuticularverdünnungen als Tast-, Riech- oder Schmeckorgane dienen, lässt sich unseres Erachtens vom rein morphologischen Standpunkte aus unmöglich entscheiden. Sicher ist nur, dass die der Berührung mit fremden festen Körpern am meisten ausgesetzten Haare an den Antennen-, Palpen- und Tarsenspitzen hauptsächlich als Tastwerkzeuge fungiren, während die zarteren Anhänge mehr dem Geruch- und Geschmackssinne dienen dürften, je nachdem sie mehr mit riech- oder schmeckbaren Stoffen in Berührung kommen.

Als eine höchst interessante Erscheinung muss ich das Verhalten der von Leydig entdeckten spaltenförmigen Cuticularvertiefungen der Schlupfwespenfühler erwähnen, welche, wie ich durch Schnitte ermittelt, Papillen der eigentlichen Epidermislage in sich aufnehmen, die dadurch direct dem Contacte des umgebenden Mediums preisgegeben und so zu Sinnesorganen ganz besonders befähigt werden.

sen auch eben so triftige Gründe gegenüber stehen, die eine derartige Function sehr fraglich erscheinen lassen.

Wir weisen speciell noch einmal darauf hin, dass unsere Geradflügler auch ohne die gewissen Apparate Kunde von ihren eigenen Tonproductionen erhalten, dass ferner trommelfellartige, aber nicht dem Gehörsinn dienende Integumentstrecken auch sonst noch vorkommen, dass weiters den Tracheenanschwellungen ein sehr zweifelhafter acustischer Werth zukommt, und endlich, dass die specifischen Körperchen ihrer ganzen Verbreitung nach nicht nothwendig Gehörelemente sein müssen, ja, wenn wir den Insecten in Bezug auf Sinnes-Organe nicht eine ganz exceptionelle Stellung einräumen wollen, dies gar nicht sein können.

Indem wir nun hier unsere Arbeit abschliessen, lässt sich allerdings nicht verschweigen, dass das Endresultat derselben ein wenig befriedigendes ist; ich denke aber andererseits, dass auch das ein Fortschritt ist, wenn wir stichhältige Gründe gegen eine Anschauung vorzubringen vermögen, die bereits über alle Controverse erhaben schien [1]. —

---

[1] In der höchst interessanten Abhandlung „Über das Gehörorgan und den Gehörvorgang von *Pterotrachea*" (Zeitschr. f. wiss. Zool. 1875) vergleicht Joh. Ranke die stäbchenartigen Fortsätze der Hörzellen den stiftartigen Körperchen der Acridier. Eine Vergleichung der bezüglichen Organe spricht aber nach unserem Dafürhalten eher gegen als für die acustische Natur der Orthopteren-Ohren. Der Unterschied gegenüber dem Ohr der Mollusken ist nämlich ein so greller, dass eine Beziehung zu den fraglichen Nervenendigungen der Insecten unmöglich erkannt werden kann, es wäre denn höchstens, dass man die gewissen Nervenendröhren als physiologische Äquivalente der Gehörbläschen ansähe.

Eigenthümliche Integumentgebilde, an die sich möglicherweise interessante Consequenzen knüpfen liessen, wenn man sie genauer kennen würde, hat Fritz Müller in jüngster Zeit in der Kniegegend der Vorderbeine bei gewissen Termiten aufgefunden. (Jenaische Zeitschrift f. Naturwissenschaften, 1875).

ERKLÄRUNG DER TAFELN.

(Tafel I bis VIII beziehen sich ausschliesslich auf Gryllodeen und Locustinen.)

TAFEL I.

Durchgehende Bezeichnungen.

f Femur.
ti Tibia.
ta Tarsus.
a Aussen-, *i* Innen-, *vV* Vorder-, *hH* Hinterseite } der Vordertibie.

T Trommelfell.
kT Kreisförmiges,
eT Elliptisches Tympanum.
r Rahmen, *b* Elliptisches verdicktes Feld, *d* Deckel, *da* Äusserer } des Trommelfelles.

di Innerer Deckel des Trommelfelles.
Fu Erste furchenart. Tympanalanlage.
TTr Tracheenstämme zwischen den Trommelfellen.
p Einschnürung der Aussenwand über den Trommelfellen (supratympanale Impression).

Fig. 1. Vorderbein von *Locusta viridissima* im 2. (oder fünftletzten [l_5]) Stadium von der Seite zur Demonstration der ersten Trommelfellanlage (*Fu*). Vergrösserung 12/1.

„ 2. Vorderbeinstück desselben Thieres im 3. (l_4) Stadium, wo das offene, elliptische Tympanum schon differencirt ist. V. 30/1.

„ 3. Dasselbe im 4. (l_3) Stadium, wo der innere Theil des Trommelfelles schon vom Deckel (*d*) überwachsen ist. V. 30/1.

„ 4. Dasselbe vom Imago von der Aussenfläche zur Demonstration der muschelschalenartigen Deckel und Ritzen der Tympanalregion. V. 10/1.

„ 5. Dasselbe von *Thamnotrizon apterus* von der Hinterseite. V. 12/1.

„ 5*. Dasselbe von *Ephippigera vitium* Serv. Trommelfellkapseln stark aufgetrieben. V. 9/1.

„ 6. Trommelfell von *Decticus verrucivorus* nach Behandlung mit kochender Kalilauge und Entfernung des schalenförmigen Deckels (*di*). Man sieht hier sehr schön die verdickte Partie (*b*) mit mehreren weiten Poren (*p*), ferner den das dünne Häutchen umschliessenden, stellenweise etwas unregelmässigen Rahmen *R*. Gez. mit der Cam. luc. V. 20/1.

„ 7. Dasselbe von *Pseudophyllus* spec. aus Congo mit ausgezeichnet ohrmuschelartigen Tympanis von der Seite. V. 7/1.

„ 8. Dasselbe von aussen betrachtet. V. 7/1.

„ 9. Dasselbe von *Phaneroptera macropoda* Burm. von aussen. Vergr.

„ 10. Dasselbe von *Meconema varia* ♀, zur Orientirung über die Lage der Haupttrachea (*TTr*) und der Muskeln (*M*) in der Tympanalgegend nach einem getrockneten und später in Kalilauge aufgeweichten Beine. Trommelfell von einem deutlichen Ringwulst umgeben. V. 16/1.

„ 11. Dasselbe von *Encylecha lunigera* Serv. von aussen. Hinten ein offenes, vorne ein Tympanum, das mit einem ganz eigenthümlichen dornartigen Deckel verbunden ist. Vergr.

„ 12. Dasselbe von *Meronidium* von Panama (Nr. 10010) von aussen. Aussenwand zwischen den Trommelfellkapseln rinnenartig ausgehöhlt. Vergr.

„ 13. Stück Vordertibie einer *Deinacrida* (Stenopelmatide ohne Zirpadern). Sehr breite elliptische, beiderseits offene Tympana. Vergr.

„ 14. Vorderbeinstück einer *Phylloptera* spec. (Nr. 6316) aus Port Natal mit ungleicher Entfaltung der Trommelfelldeckel. Die Kapsel der vorderen hat eine schmale lineare Ritze, das hintere eine etwas breitere spindelförmige. Vergr.

„ 15. Dasselbe von *Haania lanceolata* Stoll. von aussen mit ganz auffallend ungleicher Trommelfellentwicklung. V. 5/1.

Fig. 16. Dasselbe von *Odontura serricauda* im 4. (l_4) Stadium zur Demonstration der schon etwas differenzirten Trommelfellanlage (*Fu*). V. 15/1.

„ 16*. Dasselbe im 5. (l_3) Stadium, wo das Trommelfell bereits als elliptisches Grübchen erscheint. Vergr.

„ 16**. Dasselbe im 6. (l_2) Stadium, wo das Tympanum im Wesentlichen schon fertig, aber noch nicht vollständig von der Seitenfurche abgeschnürt ist. Vergr.

„ 17. Dasselbe vom Imago mit scharf umrandeter Anschwellung. V. 12/1.

„ 18. Dasselbe von *Phaneroptera falcata* im 6. (vorletzten) Stadium. Trommelfell sammt elliptischer Anschwellung nahezu ganz fertig. V. 20/1.

(Fig. 19—26 beziehen sich auf *Gryllodea*).

Fig. 19. Vorderbeinstück von *Platydactylus helvolus* Serv. Bei *V* (Ansicht von aussen) hinten ein offenes Tympanum *T*. Bei *H* (Ansicht von vorne) erkennt man vorne und zwar auf der Innenseite eine Ritze. (Innere Tympanalritze). Vergr.

„ 20. Dasselbe von *Platydactylus* spec. von Amboina. Hinten (*H*) ein oval elliptisches offenes Tympanum. Vorne (*V*), wie bei der vorigen Art eine innere Tympanalritze. Die beiden Verbindungslinien zwischen *H* und *V* deuten die gegenseitige, ungleiche Lage der Tympana an. Gez. mit d. Cam. luc. V. 7/1.

„ 21. Dasselbe von *Orocharis* Uhl. spec. ♂. *H* Ansicht von hinten mit einem offenen elliptischen Trommelfell. *V*. Ansicht von vorne. Trommelfell mit doppelter Klappe. Gez. mit d. Cam. luc. V. 10/1.

„ 22. Dasselbe von *Oecanthus pellucens* Scop. Beiderseits fast gleiche offene Tympana. V. 6/1.

„ 23. Dasselbe von *Gryllus campestris* L. Auf der Hinterseite (*H*) ein elliptisches, vorne (*V*) ein ganz kleines, mehr kreisförmiges Tympanum. Vergr.

„ 24. Dasselbe im vorletzten Entwicklungsstadium von der Hinterseite. Vergr.

„ 25. Dasselbe von *Gryllotalpa vulgaris* L. von der Vorderseite. Hart unter dem Kniegelenk und nahe der Aussenfläche, eine behaarte schmale aber tiefe Spalte mit Trommelfell V. 2/1.

„ 26. Dasselbe von *Scapteriscus didactyla* Latr. aus Mexico von der Vorderseite. Tympanum hier ganz offen, also nicht, wie bei der Werre, in einer spaltförmigen Einsenkung. Hinten von einem Wulst umschlossen, nach aussen tief in das Bein eingedrückt und dadurch die Möglichkeit einer Spaltenbildung andeutend. V. 4/1.

TAFEL II.

Durchgehende Bezeichnungen.

P Pronotum, resp. Halsschild.
B Vorderbein.
co Coxa.
St_1 Normales Stigma des Prothorax.
vk Vordere (meist bewegliche)—
hk Hintere (gewöhnlich unbewegliche) Lippe desselben.
tr Die vom normalen Stigma ausgehende Prothorax- (Rumpftrachea).
E Weite Öffnung der Vorderbeintrachea.
Bl Blasen- oder trichterförmige Erweiterung der Trachea hinter der Öffnung derselben.
Btr Die davon entspringende Beintrachea.
v Verbindungsstück.

Fig. 27. Seitengegend, resp. Gelenkshaut zwischen Pro- und Mesothorax von *Pseudophyllus* spec. Serv. $\beta\alpha\gamma$ der hintere Rand des Halsschildes. Dahinter, z. Th. von den Seitenlappen verdeckt, die weite Öffnung der Beintrachea und daneben das normale Stigma. V. 9/1.

„ 28. Verhalten der am Prothorax entspringenden Tracheen vom gleichen Thier nach Behandlung mit kochender Kalilauge. Die von der weiten Öffnung (*E*) hervorgehende Trachea (*Bl*) senkt sich zuerst etwas in den Prothorax ein, biegt dann wieder um (bei *m*) und geht in das Vorderbein (*Btr*). Vom normalen Stigma entspringt ein relativ dünner Stamm (*tr*), der sich nach kurzem Verlauf in drei Zweige auflöst, welche sich im Rumpfe noch weiter zertheilen. Gez. mit d. Cam. luc. 6/1.

„ 29. Prothoraxansicht von *Platycleis brevipennis* nach Behandlung mit kochender Kalilauge. Die grossen seitlichen Spalten (*E*) führen unmittelbar in zwei voluminöse Tracheenblasen (*Bl*), welche im Lumen des Prothorax sich fast berühren und durch ein kurzes Rohr direct miteinander communiciren. An der Aussenseite (*u*) entspringt von ihnen je ein Luftrohr für die Extremität (*Btr*). V. 9/1.

„ 30. Darstellung der Vorderbeintrachea und namentlich des erweiterten Anfangsstückes von *Locusta virid.* in ihrer natürlichen Lage von innen gesehen. Injectionspräparat. V. 5/1.

„ 31. Das Anfangsstück der Vorderbeintrachea vom gleichen Thier isolirt dargestellt. Gez. mit d. Cam. luc. V. 10/1.

„ 32. Das normale Prothorax-Stigma vom gleichen Thier nach Behandlung mit Kalilauge. Gez. mit. d. Cam. luc. 20/1

„ 33. Thorax-Seitenansicht von *Gryllotalpa vulgaris* L. Hinter dem Halsschilde, und vom Hinterrande desselben etwas überragt, das grosse Prothoraxstigma (St_1), das an Grösse das Meso- (St_2) und Metathoraxstigma (St_3) mehr als um das Zweifache übertrifft. V. 2/1.

Fig. 33*. Das Prothoraxstigma desselben Thieres nach Behandlung mit Kalilauge. Das ganze Gebilde stellt eigentlich ein Doppelstigma vor. Die obere grössere Athemspalte (*no*) wird durch zwei derbe, bürstenartig behaarte Lippen gebildet, welche im Leben hart aneinander schliessen, hier aber absichtlich auseinandergezerrt sind, um in die weite, aber seichte Höhle zu sehen, auf deren Grunde zahlreiche Tracheen von verschiedenem Kaliber entspringen. Die untere Athemspalte (*nm*) ist im Wesentlichen ähnlich gestaltet, aber viel kleiner und lässt nur eine einzige Trachea aus sich hervorgehen. V. 7/1.

„ 34. Prothoraxansicht von *Gryllus campestris.* Kalilaugepräparat. Die Homologie der Tracheenvertheilung mit dem in Fig. 29 von *Platycleis* angegebenen Verhalten dargestellt. Aus dem Doppelstigma (St_1) entspringt oben die Rumpftrachea (*Ir*), unten die Beintrachea (*Btr*). Die beiderseitigen Anfangsstücke dieser Röhren (*Bl*), hier aber nicht blasenartig aufgetrieben, werden durch ein Verbindungsrohr (*v*) aneinander geknüpft. V. 3/1.

„ 35. Das Prothorax-Doppelstigma (St_1, *E*) desselben Thieres mit den daraus entspringenden Luftröhren isolirt dargestellt. Kalilaugepräparat. Das obere Stigma (St_1) zeigt einen ähnlichen Bau, wie jenes von *Gryllotalpa* und entspricht der Lage, nicht aber der Form nach dem normalen Stigma von *Locusta.* Es entsendet ein dickes Luftrohr (*tr*) für die Rumpforgane. Das untere Stigma (*E*), der weiten Spalte der Locustinen homolog, besitzt eine grosse klappenartige Vorderlippe (*vk*), welche sich wie ein Deckel auf die schmälere Hinterlippe (*hk*) legt. Von diesem Stigma gelangt man zuerst in den schwach aufgetriebenen transversalen Tracheenstamm (*Bl*), von dem sich unter einem sehr spitzen Winkel die Beintrachea (*Btr*) abzweigt. Gez. mit d. Cam. luc. V. 10/1.

„ 36. Das einfache Prothoraxstigma von *Deinacrida* (zirpaderlose Locustine) nach Behandlung mit Kalilauge. Es besitzt äusserlich zwei Lippen, deren vordere muschelschalenartig beweglich ist. V. 15/1.

„ 37. Einfaches Prothoraxstigma (Sti_1) und nächste Umgebung von *Gryllacris combusta* Gerst. *P* Hinterrand des seitlichen Halsschildlappens. *B* das Vorderbein. *M* Mesothorax. *F* Flügel. Ober dem Stigma ein vorspringender Zapfen. Vergr.

„ 38. Darstellung der aus dem Prothoraxstigma desselben Thieres entspringenden Luftröhren, nach Behandlung mit Kalilauge. Von den zwei Tracheen macht die für die Extremität bestimmte (*Btr*) eine eigenthümliche kniеartige Biegung, wie die Beintrachea von *Pseudophyllus.* V. 7/1.

„ 39. Das einfache Prothoraxstigma von *Stenopelma talpa* Burm. mit gleichen Lippen und enger Spalte (*S*). Kalilaugepräparat. Vergr.

„ 40. Vertheilung der aus dem Prothoraxstigma desselben Thieres hervorgehenden Luftröhren nach Behandlung mit kochender Kalilauge. (*mn*) Hinterrand der seitlichen Halsschildlappen. Gez. mit d. Cam. luc. V. 7/1.

„ 41. Vertheilung der aus dem einfachen Prothoraxstigma von *Rhaphidophora cavicola* Koll. entspringenden Tracheen. Gez. mit d. Cam. luc. V. 10/1.

„ 42. Das Doppelstigma von *Mogoplistes squamosus.* Nach Erweichung eines getrockneten Exemplares in Kalilauge. Vergr.

„ 42 *a.* Seitenansicht des Pro- und Mesonotum von *Phaneroptera falcata.* Man sieht hinter den Seitenlappen das Pronotum, zum Theil davon verdeckt die weite Spaltöffnung der Vorderbeintrachea (*E*) und ungefähr in der Mitte des Vorderrandes derselben das kleine normale Stigma (St_1), von ähnlicher Grösse und Beschaffenheit wie jenes am Mesonotum (St_2). Vergr.

„ 42 *b.* Weite an den Lippen behaarte Spaltöffnung der Beintrachea (*E*) und das normale Stigma (St_1) von *Thamnotrizon apterus* L. Vergr.

„ 42 *c.* Dasselbe von *Ephippigera vitium* Serv. Die verhältnissmässig kleine ohrartige Spaltöffnung liegt hier, da das Pronotum nach hinten stark verlängert ist, nicht hinter, sondern unter den Seitenlappen (*mn*). Vergr.

„ 42 *d.* Seitenansicht des Pro- und Mesonotum von *Meconema varia.* Die freie Öffnung der Beintrachea (*E*) ganz ausserordentlich klein, an Grösse kaum das darüberliegende normale Stigma (St_1) übertreffend. Vergr.

Durchgehende Bezeichnungen.

vTr Vorderast, *hTr* Hinterast, *S* Spalte } des tympanalen Tracheenabschnittes.
Cu Integument-Cuticula.
Ma Matrix derselben.
Tg Trichogene oder haarerzeugende Zellkörper.
TrMa Tracheen-Matrix.
aTk äussere, *iTk* innere, *oTk* obere } Trommelfellkapsel.
tiN Hauptnervenstrang d. Tibia
taN Hauptnervenstrang d. Tarsus.
M Muskeln der Innenseite.
oS obere, *uS* untere } Muskelsehne.

F Fettkörper.
TN Tympanaler Sinnesnerv.
gO Gabelförmiges oder supratympanales Nervenendorgan.
gG Gabelförmiges Ganglion.
gN Nerv d. gabelf. Ganglions.
SG Siebold'sches oder bandförmiges (intratympanales) Ganglion.
SO Siebold'sches oder leistenartiges (intratympanales) Nervenendorgan.
Gr Gruppe der Endblasen, *k* Kette der Endblasen } des intratympanalen Endorganes.
SN Siebold'scher Sinnesnerv.

EBl Endblasen des Siebold'schen Organs.
BBl Binnenblasen derselben.
bi Das darin schwebende birnförmige oder Siebold'sche Körperchen.
ESch Endschläuche des supratympanalen Sinnesorgans.
sti Das darin schwebende stiftförmige Körperchen.
Gk Gipfelkern der Endblasen resp. Endschläuche.
Wk Wurzel-(Basal-) Kerne derselben.
vN Verbindungsnerv zwischen der peripherischen Ganglienzelle und dem Reizorgan. (Periphe-

rischer Ausläufer d. Ganglienzellen d. Reizorgans.)
fa System der zwischen den Nervenendschläuchen u. dem Integument ausgespannten Verbindungsfasern (Faserstrang d. supratympanalen Organes.)
mt Membrana tectoria des Siebold'schen Organes.
vA Vordere } Abdachung resp. An-
hA Hintere } schwellung derselben.
ku Kuppeln der Deckmembran über den Endblasen.

Fig. 43. Organisation der Vordertibie von *Gryllus campestris.* Das Schienbein wurde oben und unten etwas abgestutzt, dann längs der Mitte der Innenfläche aufgeschnitten und das Integument, um die wesentlichsten Theile der inneren Einrichtung zu zeigen, auseinandergelegt.

Oben und unten ist von der Cuticula (*Cu*) die Matrix (*Ma*) mit ihren als helle fensterartige Lücken erscheinenden Trichogengebilden entfernt. Das Bindegewebe, sowie einige Muskelfragmente sind der besseren Übersichtlichkeit wegen aus der Zeichnung weggeblieben. Goldchloridpräparat. Vergr.

„ 44. Querschnitt durch die Mitte der Tympanalgegend von *Haania lanceolata* Stoll. Nach Behandlung mit Kalilauge. Besonders bemerkenswerth ist die starke Verdickung der Innenfläche der Tracheen (*mR* und *oR*), sowie die ungleiche Entfaltung der beiderseitigen Trommelfelldeckel. Gez. mit d. Cam. luc. V. 30/1.

„ 45. Querschnitt durch die Mitte der Tympanalgegend von *Brachytrupes megacephalus* nach Entfernung der Weichtheile durch Kalilauge.

Vordertympanum (*vT*) klein und nicht weniger dick als die Umgebung; davon ausgehend zwei das Tracheenrohr umspannende Cuticularplatten. Das hintere grössere Tympanum (*hT*) ziemlich tief in das Bein eingedrückt und von grosser Zartheit. Gleichfalls mit zwei inneren Cuticularfortsätzen.

Die Vergleichung von Fig. 44 und 45 lehrt die Convergenz (bei gleicher Function, also die Analogie) zwischen den Trommelfellstützplatten von *Brachytrupes* und den verdickten Innenflächen der Tracheen von *Haania.* Gez. mit d. Cam. luc. V. 30/1.

TAFEL III.

Fig. 46. Querschnitt durch den oberen Theil der Tympanalgegend von *Locusta viridissima* im 2. (l_6) Stadium nach Härtung in Osmiumsäure und Aufhellung der Schnitte in Kalilauge. (Vgl. Fig. 1.)

Der im Ganzen breit-elliptische Querschnitt zeigt beiderseits einen seichten Eindruck, die erste Andeutung der später geschl. Tympana. Die beiden tympanalen Tracheenäste, durch einen weiten Spalt (*Sp*) von einander getrennt, und durch in der Mitte faserartig ausgezogene Doppelzellen am Integument befestigt. (Tracheensuspensorium). Im äusseren Hohlraum von Blut durchtränktes Fettgewebe, im innern mehrere Muskel (M_1), eine Muskelsehne und zwei Hauptnervenstränge.

Über der Vordertrachea, nahe dem Integument, eine Ganglienzelle (*gz*), von wo quer herüber ein Ausläufer (*vN*) zur Endblase (*EBl*) des durch den Schnitt getroffenen Siebold'schen Organs führt. V. 300/1.

„ 47. Dasselbe im 3. (l_5) Stadium. Gehärtet in 3% Kali bichr. und später aufgehellt in verd. Essigsäure. (Vgl. Fig. 2.) In der Gegend μ und *n* der Fig. 46 hat sich das tympanale Integument bereits ein wenig nach aussen hervorgestülpt (*di*). Die Deckmembran (*mt*) des Siebold'schen Endorganes sehr scharf ausgesprochen und in continuirlicher Verbindung mit der Basalmembran der Tracheen- und Integument-Hypodermis. Vergr.

„ 48. Dasselbe im 4. (l_4) Stadium. Die zwei seitlichen Hautfalten fast die Hälfte des Trommelfelles bedeckend (in Folge der Kalilaugeaufhellung etwas zuweit davon abstehend). Trommelfell, fast vollständig entwickelt, lässt die elliptische Verdickung *mn* und den äusserst dünnen durchsichtigen Saum *no* erkennen. Durch eine Einschnürung (bei *m*) bereits von der Aussenwand abgegrenzt. Vergr.

„ 49. Dasselbe im 7. (oder letzten) Stadium (fast ganz so wie beim Imago). Die Trommelfelldeckel reichen bis zur äusseren Beinwand und enthalten in ihrem Lumen hauptsächlich ein die Hypodermis versorgendes Luftröhrennetz. Die tympanalen Vorhöhlen zerfallen in einen äusseren (*aTk*) und inneren Raum (*iTk*), getrennt von einander durch einen starken Vorsprung des inneren Trommelfellrandes. Das quer getroffene Siebold'sche Endorgan (resp. die Endblase *EBl* derselben) liegt einer seichten muldenartigen Einsenkung (*mn*) der Aussenfläche der Vordertrachea auf. Der grössere Theil des äusseren Beincanales wird vom Fettkörper (*F*) ausgefüllt. V. 120/1.

„ 50. Querschnitt durch die Mitte der Tympanalregion (in der Richtung *op*, in Fig. 21) von *Orocharis* Uhl spec. Das Bein ist hier in der Mitte sehr stark zusammengeschnürt. Hinten ein offenes Tympanum (*hT*), das nach aussen sehr tief in das Bein eingedrückt erscheint, so dass die Aussenwand sackförmig über dasselbe hervorragt. Das vordere Tympanum (*vT*) besteht aus einer dickern äusseren (*on*) und einer zarteren inneren Partie (*op*). Von der Innenfläche erstreckt sich nach vorne eine das Trommelfell grösstentheils bedeckende Falte (*di*), während die taschenförmig nach vorne sich ausstülpende Aussenwand einen äusseren Trommelfelldeckel (*da*) bildet. Gez. mit d. Cam. luc. V. 50/1.

„ 51. Querschnitt durch den oberen Theil der Tympanalregion (in der Richtung *mn* in Fig 21), vom gleichen Thiere.

Die nach oben taschenförmig in das Beinlumen sich einstülpende Tympanalfalte erscheint am Querschnitt als geschlossener Ring (*rTk*) innerhalb des Beines. Das hintere Tympanum, welches höher als das vordere am

Bein hinaufreicht, wird von diesem Schnitte noch getroffen. Die Zweitheilung der Tympanaltrachea reicht gerade bis zum oberen Ende des hinteren Trommelfelles. Gez. mit d. Cam. luc. V. 50/1.

Fig. 52. Querschnitt durch die Tympanalgegend von *Platydactylus* spec. aus Amboina. Das hintere ganz offene und zarte Tympanum mit feinen kurzen Haaren dicht bedeckt. Das vordere, nach auswärts etwas convexe Trommelfell (*tq*) wird ganz überwölbt von einer faltenartigen Ausstülpung der Aussenwand (*pq*). Gez. mit d. Cam. luc. V. 45/1.

„ 53. Querschnitt durch das obere Ende der Tympanalregion desselben Thieres. Kali bichr. Präparat.

Die Cuticula, mit Ausnahme des etwas verdünnten Hinterrandes (*h*) überall von gleicher Derbheit, die Tympanaltrachea doppelt. An der Aussenseite derselben und hart dem Integument anliegend, sieht man eine von vorne nach hinten (fast sichelförmig) sich verschmälernde Ganglienzellenmasse (*gG*), von der die schief nach hinten gerichteten Endröhren mit ihren stiftförmigen Körperchen (*sti*) auslaufen, die ihrerseits wieder durch Bindegewebsfasern an der Beinhinterwand angeheftet sind (*fa*). Gez. mit d. Cam. luc. V. 45/1.

„ 54. Querschnitt durch die Mitte der Tympanalgegend von *Deinacrida*. Kali bichr. Präparat.

Am ganz symmetrisch gestalteten Schnitt unterscheidet man einen äusseren (*mq*) und einen inneren (*pr*) sehr dicken Halbring und die zwei seitlichen ganz offenen, relativ sehr dicken Trommelfelle.

Der äussere Weichkörper ist nach einem Schnitte gezeichnet, der gerade über den oberen Enden der Tympana geführt worden. Hier trifft man auf eine von der Tracheenspalte (*Sp*) gegen den Aussenrand des vorderen Trommelfelles gehende Reihe von Querschnitten der schlauchförmigen Endigungen des supratympanalen Organs (*ESch*), während an den tympanalen Querschnitten nirgends eine Spur des Siebold'schen Organs zum Vorschein kommt. Übergangsform? Gez. mit d. Cam. luc. Vergr.

„ 55. Der äussere Theil eines Querschnittes durch das obere Ende der Tympanalgegend von *Ephippigera vitium* Serv. Osm. Präp.

Der Hohlraum zwischen dem äussern (hier genau dargestellten) Integument und der Aussenfläche des tympanalen Tracheenstammes ist grösstentheils mit Fettgewebe (*F*) erfüllt.

Auf der Aussenfläche der Vordertrachea liegt das Siebold'sche Organ. Ganz nach vorn, im Winkel zwischen dem Tympanum und der vorderen Tracheenwand, bemerkt man den Querschnitt des Siebold'schen Nerven (*SN*). Von ihm entspringen die grossen bipolaren Ganglienzellen (*Gz*) mit einem grossen Kern (σ). Der peripherische Ausläufer derselben (*vN*) steht in Verbindung mit der grossen Endblase (*EBl*), die im Innern wieder eine kleinere von einer hellen Flüssigkeit erfüllte Binnenkapsel (*BBl*) birgt, welche ihrerseits wieder das eigentliche Nervenende in Gestalt eines birnförmigen Körperchens (*bi*) einschliesst.

Das ganze Nervenendigungssystem wird vom äussern Beinlumen durch eine dünne Membran (*mt*) abgeschlossen, die continuirlich in die Basalmembran des Integumentes und der Tracheen übergeht. Sie steigt von der Hinterfläche (bei ζ) herab, überzieht die Ganglienzellen und Verbindungsnerven, schwillt dann, indem sie sich kuppelartig um die Endblase herumlegt, beiderseits derselben etwas an und verschmilzt (bei α) mit der Tracheen-Glashaut. Vergr.

TAFEL IV.

Fig. 56. Querschnitt hart über der Tympanalregion von *Locusta viridissima* im letzten Stadium. Kali bichr. Präp.

Der Schnitt geht schief durch die oberen taschenförmigen Einstülpungen der Trommelfellkapseln, doch so, dass von diesen nur die vordere (*vTk*, getroffen wird. Der Tracheenstamm ist hier noch ungetheilt. Seitwärts wird dieser durch ein faseriges Gewebe am Integument befestigt (*mn*, *rs*). Zwei ähnliche, aber dünnere Faserzüge entspringen auch von der Innenseite des Beines (*op*, *q*). Letztere bilden ein förmliches Rohr um die locom. Organe, welches zugleich auch als Blutbahn fungirt. Zwischen den zwei unteren und den seitlichen Tracheensuspensorien liegt je eine vorzüglich mit Fettgewebe und Tracheennetzen erfüllte Höhle.

Im äussern, theils Fettgewebe theils Blut führenden Raum spannt sich schief von aussen nach hinten das System der Endschläuche des supratympanalen Organs aus, von dem unser Schnitt nur einen Theil enthält. V. 100/1.

„ 57. Die äussere Partie eines ähnlich geführten Schnittes vom gleichen Thier, wo das ganze System der Endschläuche zur Ansicht kommt.

Die Anordnung der letzteren ist aus mehreren Präparaten combinirt, und daher vielleicht dem thatsächlichen Verhalten nicht ganz genau entsprechend, die übrigen Gebilde aber, namentlich die Ganglienzellen, sind einem einzigen Schnitt entnommen.

In der äusseren Ausbuchtung des vorderen Tracheensuspensoriums sieht man den Supratympanalnerv (*oN*), von dem die in einem Bogen angeordneten und dem Integument knapp anliegenden Ganglienzellen ausgehen. Die von den letzteren entspringenden Endschläuche (*ESch*) mit den stiftförmigen Körperchen (*sti*) scheinen zusammen eine sichelförmige Zone zu bilden und werden durch faserartige Fortsätze, die sich strangförmig vereinigen, an der Hinterwand befestigt (*fa*). Zwischen (?) den Fasern sind zahlreiche elliptische Kerne (*fak*) eingelagert. V. 100/1.

Fig. 58. Ein hart über der Tympanalgegend geführter Querschnitt von *Odontura serricauda* im drittletzten Stadium. (Gehärtet in Alkohol, aufgehellt mit verd. Essigsäure).

Die ausserordentlich umfangreichen seitlichen Suspensorien der von aussen nach innen stark comprimirten Trachea umschliessen zwei grosse Höhlen. Die äussere Höhle enthält das supratympanale Organ, dessen Endschläuche an der Vorderwand angeheftet sind.

Die Endschläuche beginnen auf der Mitte der Trachea und ziehen sich in einem sanften Bogen längs der Vorderwand derart nach aussen, dass die Länge ihrer saitenartigen Fasern eine stufenweise Abnahme zeigt. Hier kann man auch sehr bestimmt erkennen, dass je eine Tracheenmatrixzelle durch eine nicht selten spindelförmig in der Mitte anschwellende Fibrille mit einer Integumentzelle zusammenhängt. V. 200/1.

„ 59. Querschnitt durch das obere Ende der Tympanalgegend von *Gryllus campestris* L. (Gehärtet in Osm., aufgehellt mit Essigsäure.) Es springt sogleich die Homologie mit dem bei den Locustiden gezeichneten Verhalten in die Augen.

Das vordere, kreisartige Tympanum (*kT*) wird durch ein mächtiges Suspensorium am vorderen Tracheenast (*vTr*) befestigt, während das hintere, stark in das Bein eingedrückte Trommelfell (*hT*) dem hinteren Tracheenaste sehr enge anliegt.

Bei einem Schnitt, der über der oberen Grenze des kreisrunden Tympanum gemacht wird, aber das elliptische Tympanum noch trifft, erscheint im Winkel zwischen demselben und der Vordertrachea der Querschnitt des Supratympanalnervs (*oN*), an das sich das gabelförmige Ganglion (*oG*) mit seinen schlauchförmigen Nervenendigungen und Fixirungsfibrillen (*fa*) anschliesst. V. 110/1.

„ 60. Äusserer Abschnitt eines hart über dem kreisrunden Tympanum geführten Diagrammes vom gleichen Thiere (Kali bichr. Präp.). Das hintere Tympanum (*mn*) wird in seinem obersten Abschnitt noch getroffen. An der Vorderseite der Aussenwand ein Ast des zweihörnigen Ganglions. V. 200/1.

„ 61. Querschnitt durch die Mitte der Tympanalgegend von *Gryllotalpa vulgaris* L. (Kali bichr. Präp).

Die äussere Beinwand bildet gewissermassen ein das Tympanum (*mn*) überwölbendes Dach und zeigt im Innern durch Bindegewebsstränge von einander abgegrenzte Blutlacunen (*Blu*). Gez. mit d. Cam luc. V. 30/1.

TAFEL V.

Fig. 62. Äussere Partie eines Querschnittes hart über der Tympanalgegend von *Locusta viridissima* (Kali bichr. Präp.) vgl. Fig. 57. V. 200/1.

„ 63. Äussere Partie eines schiefen Querschnittes durch die oberen taschenförmigen Einsenkungen (*hTK* und *vTK*) der Trommelfelle von *Locusta viridissima* L.

Nebst den Siebold'schen Endblasen auch die Endschläuche des supratympanalen Ganglions, schief abgeschnitten, sichtbar. Zugleich bemerkt man den Ursprung der Deckmembran (*mt*), die, eine Ausstülpung der Basalmembran des Integumentes, die tympanale Nervenausbreitung überzieht. V. 150/1.

„ 63*. Schiefe Ansicht einer Siebold'schen Endblase nach Osmiumbehandlung von *Locusta viridissima* l_4. Stad. V. 300/1.

„ 63**. Unteres Ende der sog. Crista ac. von *Locusta viridissima* nach Osmiumsäurebehandlung. V. 250/1.

„ 64. Isolirter Abschnitt des gabelf. Endorgans von *Gryllus campestris* (Kali bichr. Präp.). Gez. mit d. Cam. luc. V. 300/1.

„ 65. Sehr gelungener dünner Querschnitt durch das Siebold'sche Endorgan von *Locusta viridissima* L. (Kali bichr. Präp.). V. 250/1.

„ 66. Quadrant eines Querschnittes durch das tympanale Integumentrohr von *Locusta viridissima*, nach Behandlung mit 35% Kalilauge. V. 230/1.

„ 66*. Äussere Hälfte eines durch das obere Ende der Tympana gehenden Querschnittes von *Odontura Boscii* zur Demonstrirung der supratymp. Partie des Siebold'schen Organs. V. 100/1.

„ 67. Theil eines Querschnittes durch das tymp. Integument von *Odontura serricauda* im l_4 Stad. (Osmiumpräp.).

Die Matrix besteht aus sehr distincten, nach innen fadenartig sich ausziehenden Zellen (*HZ*) mit grossem Kern (*o*). Die haarerzeugenden Gebilde (*Tg*) sind Zellfusionen mit meist 3 Kernen. σ ampullenartige Erweiterung des weiten Cuticularcanales. *R* wallartiger Ring um die dünne Gelenkshaut des beweglichen Borstenhaares (*H*). V. 900/1.

„ 68. Isolirte Hypodermiszellen aus einem Querschnitt durch das tympanale Integument von *Decticus verrucivorus* im l_4. Stad. *n* Kern, *m* porös erscheinende Grenzmembran. Nach Behandlung mit 35% Kalilauge V. 1000/1.

„ 68*. Flächenansicht der isolirten Hypodermis von *Ephippigera vitium* nach Behandlung mit conc. Oxalsäure.

TAFEL VI.

Fig. 69. Die inneren Organe der Tympanalregion von *Gryllus campestris* nach Macerirung in Müller'scher Lösung.

Der Haupttracheenstamm ober der Tympanalregion (*AB*) fast ebenso voluminös, als innerhalb der Tympana (*BC*). Die kleineren Tracheenreiser gehen in der Tympanalgegend fast alle vom dünneren Vorderast (*vTr*) aus. Das gabelförmige Endorgan (*gG*) liegt gerade am Ursprung dieses Stammes, vollständig von Fettgewebe (*F*) eingehüllt.

Die links vom Tracheenrohr liegenden Theile bilden den Inhalt des äusseren, die rechtsseitigen jenen des inneren Beinlumens. Gez. m. d. Cam. luc. V. 45/1.

Fig. 70. Die inneren Theile der Tympanalregion von *Ephippigera vitium* Serv. nach dreitägiger Maceration in 3% Kochsalzlösung von vorne gesehen. Der tympanale Sinnesnerv (*TN*) theilt sich etwas oberhalb der Tympanalgegend (bei *gN*) in zwei Äste, wovon der untere in das Siebold'sche Ganglion (*SG*), der obere in das gabelförmige Ganglion (*gG*) übergeht.

Die Endblasenkette des Siebold'schen Organs ist fast ihrer ganzen Länge nach sichtbar, während vom oberen Ganglion aus einzelne durch die Präparation aus ihrer natürlichen Lage gebrachte Endschläuche hervortreten. V. 40/1.

„ 71. Das Siebold'sche Endorgan von *Thamnotrizon apterus* nach mehrstündiger Einwirkung von 0·1% Hyperosmiumsäure.

Dasselbe ist von der Trachea losgetrennt und auf die Seite gelegt. Die Deckmembran bildet beiderseits der Endblasenkette einen bandartig verdickten Streifen (*vA*, *hA*). V. 200/1.

„ 71*. Äussere Hälfte eines tympanalen Querschnittes von *Locusta viridissima*, der nahe an die obere Grenze der Tympana fällt. Von der die Endblase (*bi*) überziehenden Kuppel (*ku*) der Deckmembran ein Segment abgeschnitten, das bei flüchtiger Betrachtung als eine besondere „Deckelzelle" (Hensen) erscheint.

Basalmembran der äusseren Tracheenwand (*Ba*), in Folge der Präparation von der Cuticula abgehoben. Zwischen ihr und der Deckmembran ein das Siebold'sche Organ umgebender Blutraum. Gez. m. d. Cam. luc. V. 45/1.

„ 72. Stück aus dem oberen Theil des Siebold'schen Organs von *Odontura serricauda* nach längerer Alkoholeinwirkung.

Bei *A* Darstellung dieses Abschnittes von oben bei der höchsten Einstellung. Vorne (*v*) und hinten (*h*) der leistenartig erscheinende obere Saum des lateralen Grenzstreifens der Deckmembran, welche sich zwischen den Endblasen etwas in die Tiefe senkt, und zugleich mit der freien Endfläche der letzteren verwachsen ist. Bei tieferer Einstellung (*B*) erkennt man sehr gut Gestalt und Beschaffenheit der Endblasen (*EBl*). Sie erscheinen, nach aussen zu wenigstens, als stumpfe vierseitige Pyramiden, deren fast rechteckige, nach aussen convexe Grundfläche dem Beschauer entgegensieht. Das in der Mitte derselben sichtbare birnförmige Körperchen liegt in einer besonderen dünnhäutigen Blase (*BBl*). V. 900/1.

TAFEL VII.

Fig. 73. Darstellung der tympanalen Nervenendigungen in situ von *Ephippigera vitium* Serv.

(Das Präparat stammt von einem jahrelang in Alkohol gelegenen Bein.)

Die im natürlichen Zustande mit Pigment bedeckte supratympanale Partie der Nervenausbreitung durch Kalilauge entfärbt und dann durch Zugabe eines Tröpfchens Essigsäure wieder etwas restringirt.

Sehr deutlich ist hier besonders auch der Ursprung der oberen (*R*) und der unteren (*S*) Wurzel der Membrana tectoria zu sehen. Die beiden Tympana (*vT* und *hT*) haften dem Tracheenstamm enge an. V. 100/1.

„ 74. Das Siebold'sche Endorgan von *Locusta viridissima* L. ganz isolirt nach fünfstündiger Einwirkung von 0·5% Hyperosmiumsäure.

(Nach anderen Präparaten ergänzt wurde die Zeichnung nur hinsichtlich des unteren Endes der Ganglienreihe, die in toto und zugleich im Zusammenhang mit der Crista sehr schwer zu isoliren ist.)

Die Membrana tectoria (*R*) breitet sich über der Endblasengruppe (*Gr*), von der einige Elemente bei der Präparation verloren gingen, flächenartig aus. An einer Stelle (*p*) sind die frei vorstehenden Theile oder Kuppeln der Endblasen wegpräparirt, und man sieht das durch die Deckmembran gebildete Stüzgerüste derselben. V. 400/1.

„ 75. Stück des oberen Theiles der Endblasenreihe von *Ephippigera vitium* L. nach längerem Liegen in conc. Oxalsäure. Die Ansicht der ersten drei Endblasen links ist von oben. Die Membran der Binnenblase in zahlreiche Falten gelegt. In der 5. Blase links ist die aus der Nervenscheide hervorgehende Membran der Blase sehr deutlich zu erkennen, sowie auch die Verschmälerung (*z*) des Axencylinders beim Eintritt in die Binnenblase (*BBl*). Links unten ist auch ein Stück der Tracheenmatrix sichtbar. Die birnförmigen Körperchen (*bi*) sind sehr blass und z. Th. durch den angewendeten Druck fast unkenntlich geworden.

„ 75*. Schematische Darstellung eines Endgliedes des Siebold'schen Organs nach V. Hensen, um das gegenseitige Verhalten der von ihm angenommenen vier Zellen zu demonstriren, aus denen die Endblase sich zusammensetzen soll. *d* „Deck", *sz* „Seiten-", *ba* „Basalzelle". *W* der von Hensen angenommene Hohlraum, der durch das Zurücktreten der beiden „Seitenzellen" rings um das birnförmige Körperchen entstehen soll, aber offenbar nichts weiter als unsere Binnenblase ist. *A* Ansicht einer Endblase von oben, wie sie sich factisch darstellt, *B* eine solche, wie sie nach Hensen's Ansichten eigentlich sich zeigen müsste. Vergr.

„ 76. Der tympanale Tracheenstamm von *Locusta viridissima* halb von der Seite gesehen. V. 21/1.

„ 77. Der homologe (resp. homodyname) Abschnitt der Mitteltibie desselben Insectes, um die übereinstimmende Anlage zu zeigen. V. 21/1.

„ 78. Dasselbe vom Hinterbein. Spaltung ist hier zwar keine vorhanden, wohl aber eine dem intratympanalen Tracheen-Abschnitt entsprechende Differenzirung. V. 21/1.

Fig. 79. Der tympanale Tracheenstamm von *Gryllus campestris.* Die beiden intratympanalen Arme sind hier sehr ungleich. V. 17/1.

„ 80. Dasselbe vom Mittelbein. Der dem tympanalen entsprechende vordere Tracheenarm (*vTr*) kommt im weiteren Verlaufe nicht mehr zur Vereinigung mit dem hinteren Aste (*hTr*). Es wird also hier in der Vorderschiene wahrscheinlich schon von allem Anfange her ein abweichendes Verhalten bestanden haben. V. 17/1.

„ 81. Dasselbe vom Hinterbein, völlig dem der Locustinen (Fig. 78) entsprechend. V. 17/1.

„ 82. Das dem tympanalen Tracheenabschnitt der mit Trommelfellen versehenen Locustinen homologe Luftröhrenstück der Vordertibie von *Stenopelma talpa* Burm. (einer trommelfelllosen Laubheuschrecke). Die Ähnlichkeit der Anlage bei beiderlei Formen (vgl. Fig. 77) nicht zu verkennen. Vergr.

„ 82*. Querschnitt durch die Mitte der Tympanalgegend von *Meconema varia.* V. 90/1.

TAFEL VIII.

Fig. 83. Gabelförmiges tympanales Endorgan sammt Nerv von *Gryllus campestris*, nach zwölfstündiger Einwirkung von 0·5% Osmiumsäure und aus dem dasselbe umhüllenden Fettgewebe herauspräparirt.

Der tympanale Sinnesnerv spaltet sich ziemlich weit vor seiner Endigung in zwei Äste (*vN* und *hN*), von denen jeder in ein besonderes Ganglion (*vG* und *hG*) übergeht, welches am Nervenende kopfförmig beginnt, sich aber dann bandartig auszieht, wodurch das gesammte Nervenendsystem ein gabelförmiges Aussehen gewinnt. Gez. mit d. Cam. luc. V. 150/1.

„ 84. Eine isolirte querdurchschnittene tympanale Ganglienzelle mit dem zugehörigen Endschlauch (*ESch*) von *Gryllus campestris* (Kali bichr. Präparat). V. 1800/1.

„ 84* Eine aus dem Präp. Fig. 83 frei herauspräparirte bipolare Ganglienzelle (*gz*) mit dem centralen (*c*) und peripherischen Fortsatz (*vN*), der im weiteren Verlauf sich zum Endschlauch (*ESch*) erweitert. Vergr.

„ 85. Spindelförmiger Endschlauch des supratympanalen Organs von *Odontura Fischeri* im l_3. Stadium nach Behandlung mit Essigsäure. V. 550/1.

„ 86. Supratymp. Nervenendgebilde von *Locusta viridissima*, präparirt in Müller'scher Lösung.

Die centralen Fortsätze der Ganglienzellen (*gz*) sind nicht sichtbar, die faserartigen Verlängerungen (*fa*) der Endschläuche (*ESch*), die unmittelbar mit den Matrixzellen (*MaZ*) des Integumentes verwachsen, sind in der Mitte spindelartig aufgetrieben. 700/1.

„ 87. Ein Endschlauch ebendaher nach längerem Liegen in 2% Kali bichr. und späterer Aufhellung mit verd. Essigsäure. Gez. mit d. Cam. luc. V. 1500/1.

„ 88. Dasselbe von *Ephippigera vitium* nach Maceration in 3% Kochsalzlösung. Gez. mit d. Cam. luc. 1000/1.

„ 89. Dasselbe vom gleichen Geradflügler nach Tinction mit Pikrokarmin, wodurch im Endschlauch mehrere kernähnliche Gebilde zum Vorschein kommen. V. 900/1.

„ 90. Isolirtes stiftförmiges Körperchen mit dem davon ausgehenden Faden (*fd' fd*), aus einem supratympanalen Endschlauch von *Locusta viridissima* nach Behandlung mit Hyperosmiumsäure. In der Nähe der Ganglienzelle schwillt der fadenartige Fortsatz allmählig beträchtlich an. 1800/1.

„ 91. Dasselbe von *Gryllus campestris* im l_2. Stadium nach Behandlung mit Osmiumsäure bei schiefer Beleuchtung, wo auf das bestimmteste zu erkennen ist, dass der chordaartige Fortsatz (*fd*) im Kopf des hohlen stiftförmigen Körperchens entspringt. V. 2000/1.

„ 92. Dasselbe von *Gryllotalpa vulgaris* L. nach längerem Liegen in Alkohol. Gez. mit d. Cam. luc. V. 700/1.

„ 93. Ein supratympanaler Endschlauch von *Platydactylus* von Amboina mit querdurchschnittener Ganglienzelle (*gz*), an die sich äusserlich kleine dem Neurilemma angehörige Kerne (*k*) anschliessen. V. 1100/1.

„ 93*. Dasselbe aus dem Müller'schen Organ von *Acridium tartaricum* L. frisch in Osmiumsäure präparirt. V. 1500/1.

„ 94. Aus der mittleren Partie des Siebold'schen Endorgans von *Locusta viridissima*, von der Seite gesehen. Frisch mit Pikrokarmin tingirt, wodurch die Kernbildungen (*gk*), der Übergang des Axencylinders in den terminalen Endfaden (*z*) und jener der Nervenscheide in die Membran der Endblasen (*EBl*) sehr bestimmt zur Anschauung kamen. Gez. mit d. Cam. luc. V. 400/1.

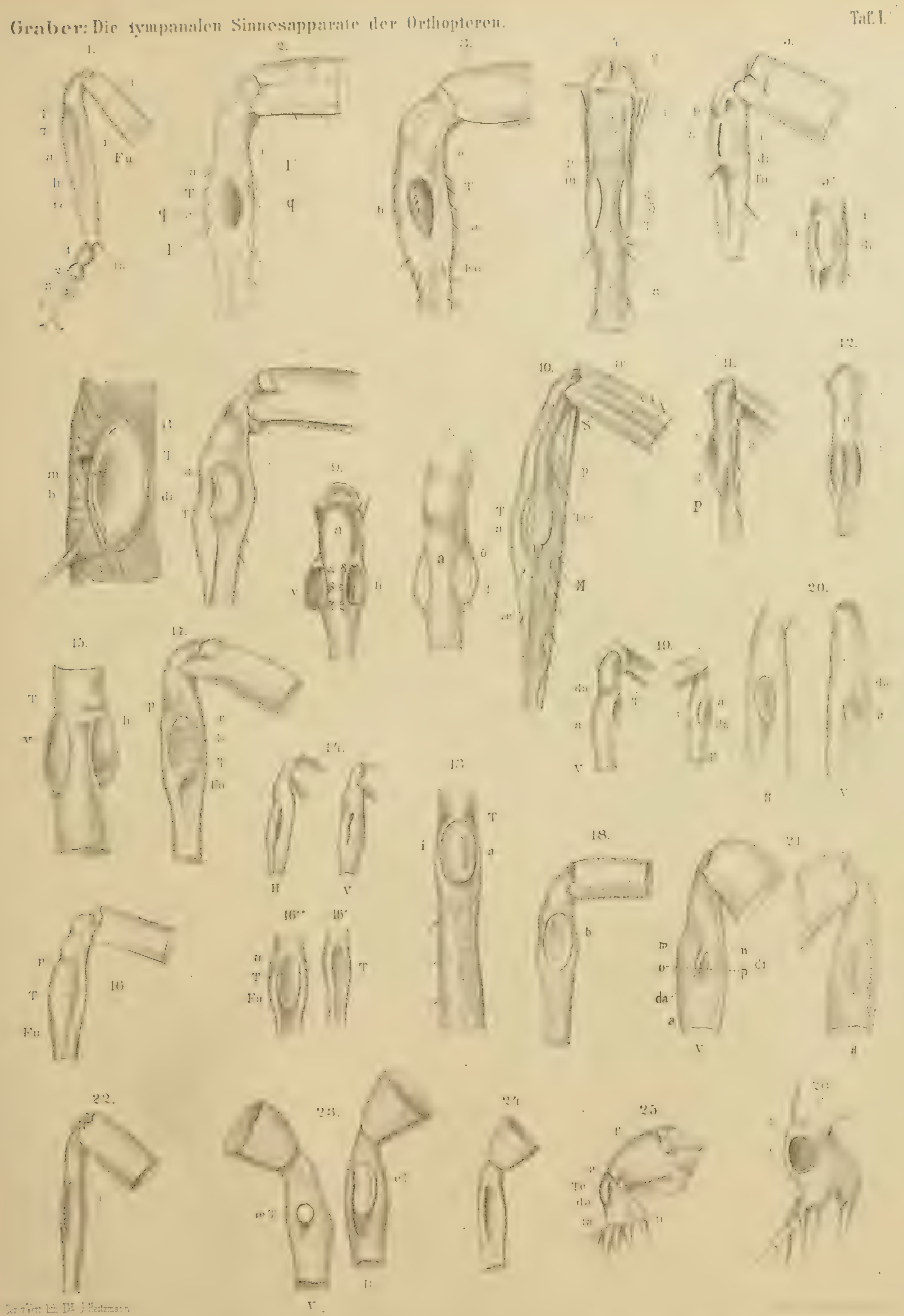
„ 95. Ansicht eines isolirten birnförmigen Körperchens von *Locusta viridissima*, aus der man schliessen könnte, dass seine Hülle vier vom Kopfe (*ko*) ausgehende rippenartige Vorsprünge (*v*, *h*, *l* und *r*) besitze. Vergr.

„ 95*. Schematische Darstellung, wie man sich nach der eben erwähnten Ansicht und Leydig's Dafürhalten einen Querschnitt des birnförmigen Körperchens vorzustellen hätte. Vergr.

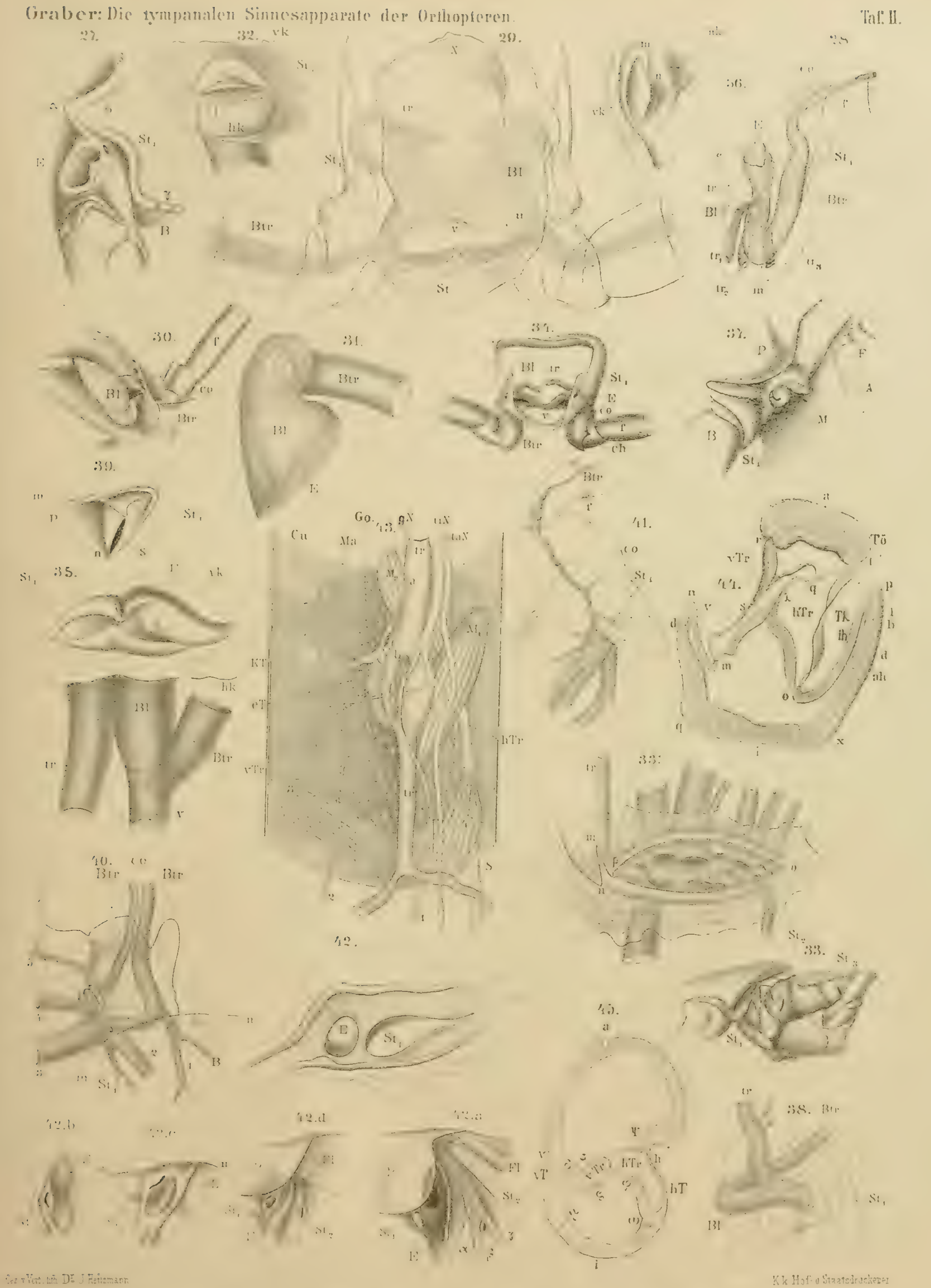
„ 96. Optischer Längsschnitt eines frisch in Hyperosmiumsäure präparirten birnförmigen Körperchens von *Locusta viridissima* bei sehr starker Vergrösserung und Beleuchtung mit directem Sonnen- oder intensivem Gaslichte.

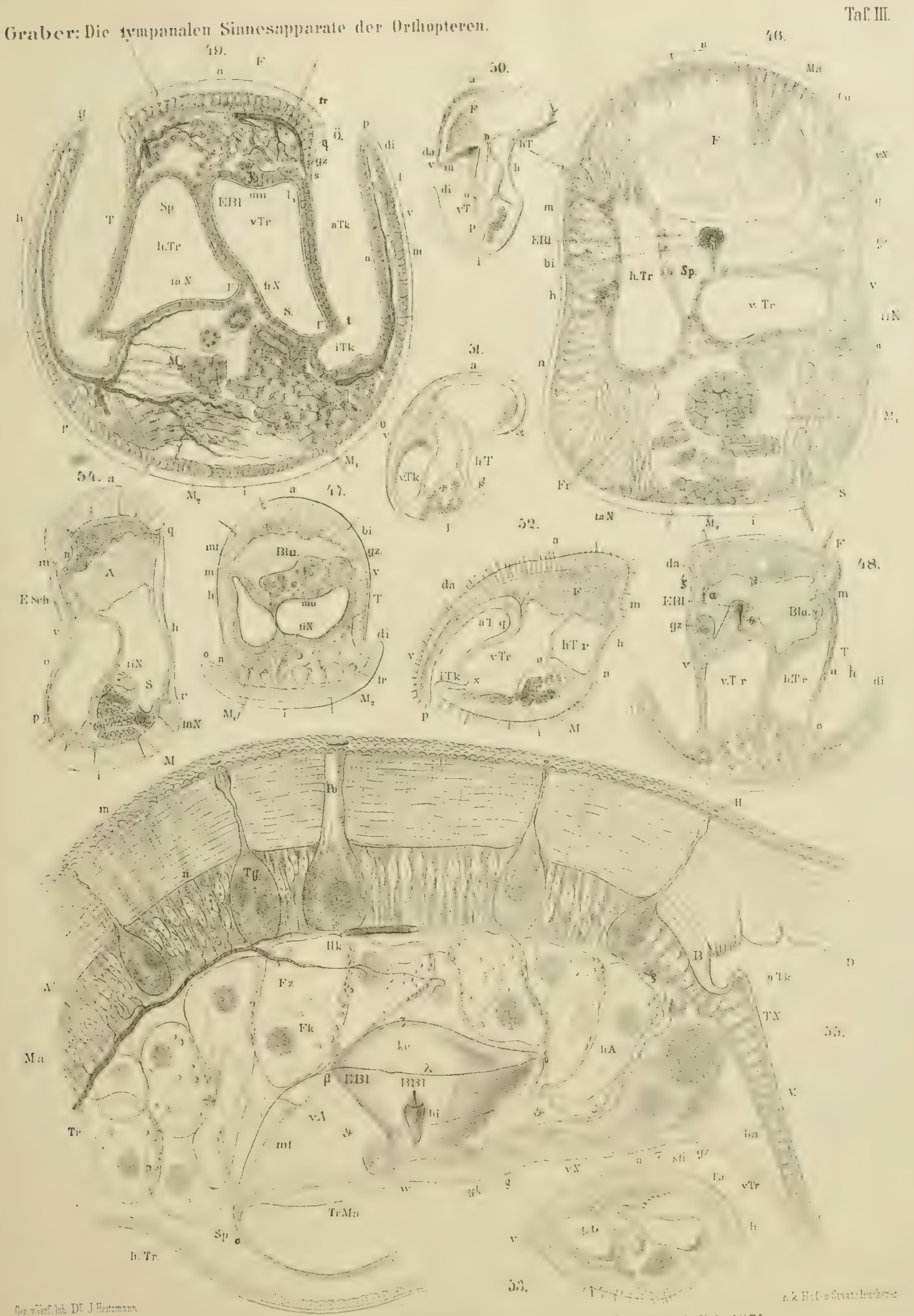
Die hell gelassenen Partien erscheinen schön himmelblau und stark glänzend, die dunkeln Stellen zeigen die optischen Eigenschaften des Gesichtsfeldes, resp. der Einschlussflüssigkeit; erstere sind daher als massive, letztere als hohle, bez. von wenig lichtbrechender Flüssigkeit erfüllte Gebilde anzusehen. V. 1400/1.

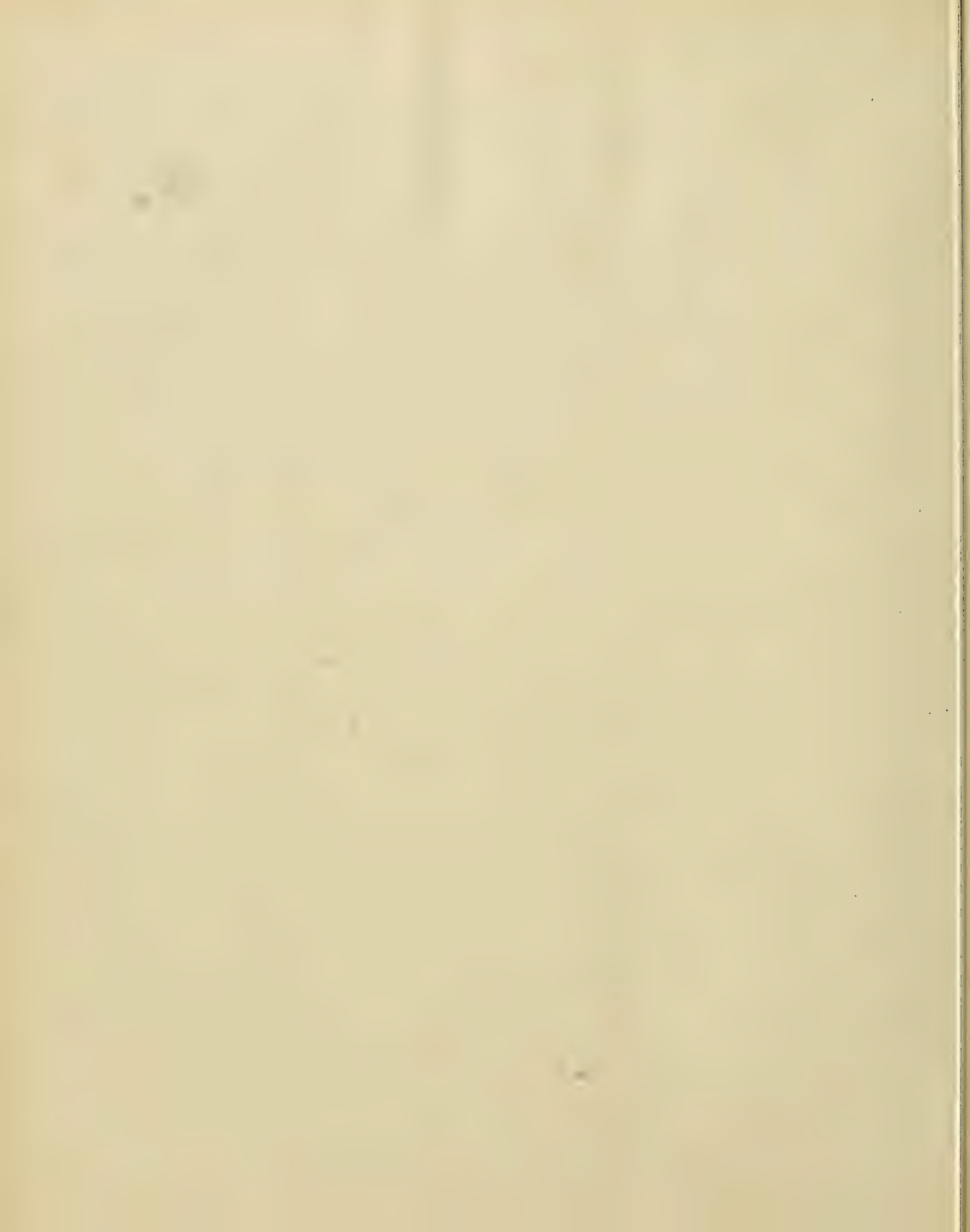
„ 97. Vorderes (*V*) und hinteres (*H*) Tympanum der Feldgrille nach Behandlung mit kochender Kalilauge zur Demonstrirung der zarten Cuticularschüppchen und der die Tympana von innen her einengenden derben Platten (*Pl Pl'*). Beide Trommelfelle bei gleicher, 39facher Vergrösserung mit d. Cam. luc. gezeichnet.





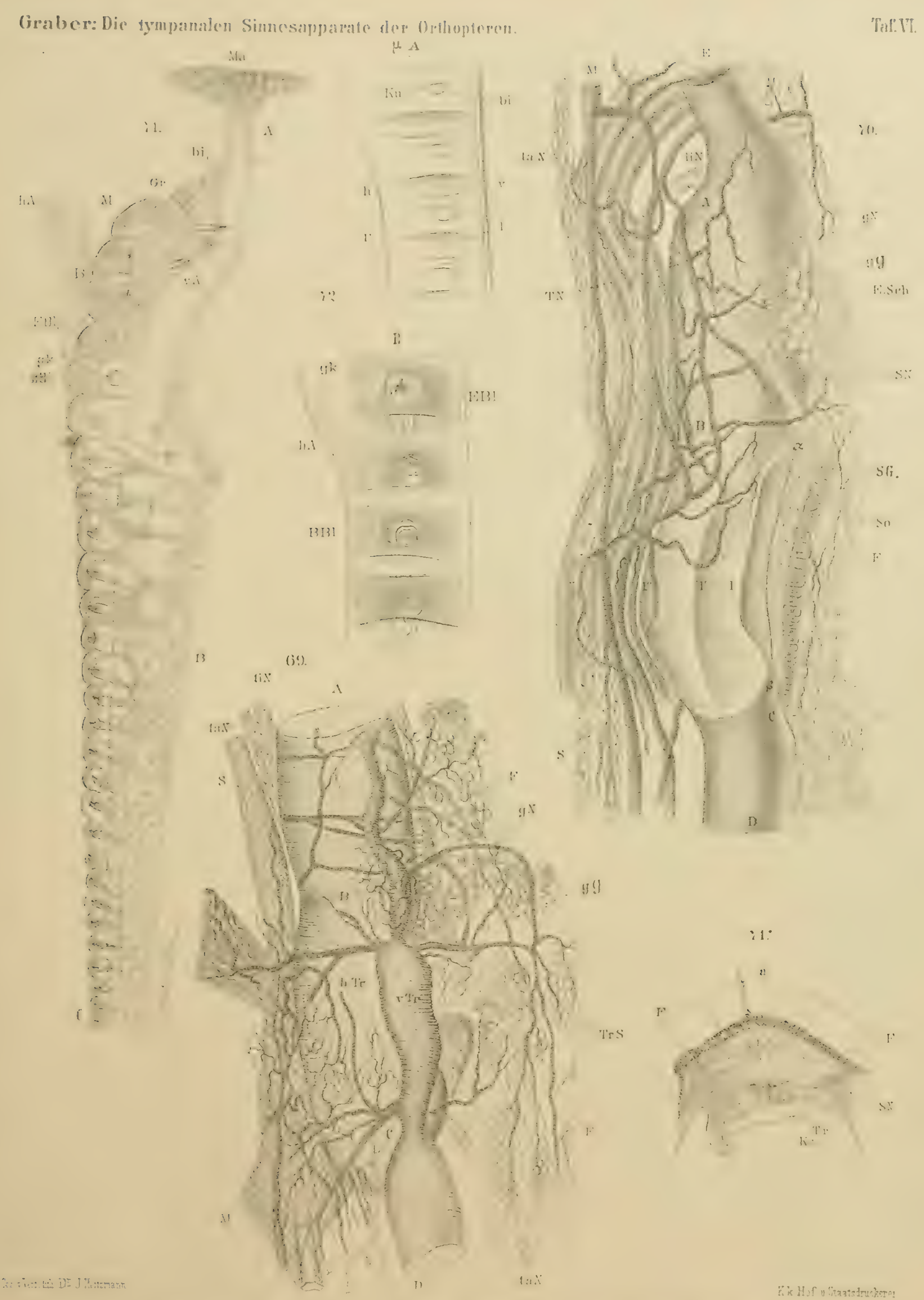






60.







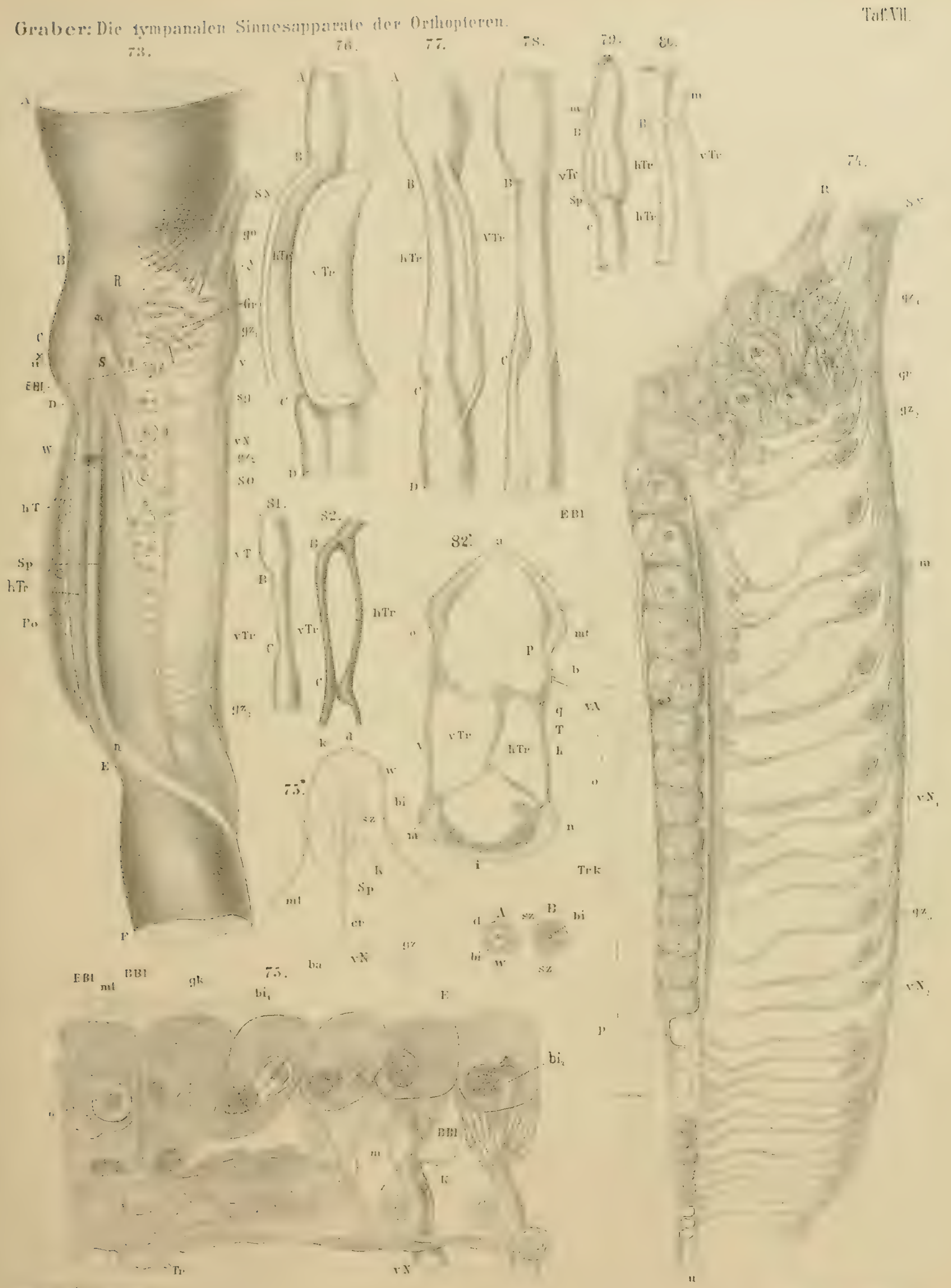










Fig. 98. Dasselbe von *Oecanthus pellucens* Scop. um die Ungleichheit der scheinbar völlig symmetrischen Trommelfelle nachzuweisen. Beide Tympana bei gleicher Vergrösserung mit d. Cam. luc. gezeichnet.

„ 99. Trommelfell von *Platydactylus surinamensis*. Die äussere Längshälfte *a* von Querrillen durchzogen, die innere völlig eben.

Die nachfolgenden Tafeln beziehen sich ausschliesslich auf die Acridiodeen.

Durchgehende Bezeichnungen.

N_1 Pro-, N_2 Meso-, N_3 Meta- Notum.
r_1, r_2 Rückenplatte.
s_1, s_2 Seitenplatte des
1., 2. Hinterleibsringes.

Co Coxa.
HB Hinterbein.
vF Vorder-, *hF* Hinter- Flügel.
St_3 Metasternum.

b_1, b_2 Bauchplatte des
1., 2. Hinterleibsringes.
es_3 Episternum, em_3 Epimerum d. Metathorax.

Stigmen und Tracheen.

st_2 Mesothorax-,
a_1 1., a_2 2. Hinterleibs- Stigma.
VB, *VH*, *VK*, *VP* Verschluss-
Band, Hebel, Kegel, Platte d. Stigmas.

ad adductor, *ab* abductor d. Verschlusshebels.
a Bl äussere, *i Bl* innere Tracheenblase d. Tympanalsegmentes.

Bl_2 Tracheenblase des 2. Hinterleibsmetamers.

Tympanale Integumentgebilde.

T Trommelfell.
V Vorderes, rauhes, *H* Hinteres, glattes Tympanumfeld.
R Rahmen d. Trommelfelles.

vTL vordere, *oTL* obere, *hTL* hintere, *uTL* untere Trommelfellleiste.

TF Falte, *TG* Gewölbe d. Trommelfelles.

h hintere, *v* vordere Leiste d. rinnenf. Trommelfellanschwellung.

bi birnförmige, *ri* rinnenf., *stl* stielf., *za* zapfenf. Trommelfellverdickung (Körperchen).

Ö Öffnung d. zapfenf. Höckers.

Ma Matrix d. Trommelfelles.
MaZ Matrixzelle.
Ba Basalmembran d. Matrix.

Tensor tympani.

Zu Zungen- oder stachelförmige Chitinsehne d. Spannmuskels.
m Äussere Öffnung derselben.

TM Spannmuskel d. Trommelfelles.
I Insertionstelle desselben.

Tympanale Nervengebilde.

N Gemeinsamer Tympanalnerv.
MN Müller'scher oder Tympanalnerv im engeren Sinne.
StN Nerv d. Tracheenverschlussapparates.
vN Vorderer, *hN* hinterer Ast des Müller'schen Nervs.
ax Axencylinder, *Ma* Scheide (resp. Matrix desselben), *F* Äussere Fetthülle d. Nerven.

G oder *MG* Müller'sches oder Tympanalganglion.
gl glockenförmiger, *sp* spindelf., *fl* flügelf. Abschnitt d. Müller'schen Ganglion.
Pi Pigmentirter Theil.
EZ Helle Endzone desselben.

gz Ganglienzelle.
c Centraler Fortsatz derselben.
vN Verbindungsnerv oder peripherischer Fortsatz.
ESch Spindelförmiger Endschlauch.
fa faserartiger End- oder Integumental-Fortsatz.
Wk Wurzelkern.
Gk Gipfelkern.
sti stiftartiges Körperchen.

TAFEL IX.

Fig. 100. Das Tympanum und dessen nächste Umgebung von *Caloptenus italicus* L. ♀ von der Innenseite nach Entfernung des Fettkörpers. *q*, *p* Muskeln der Hintercoxa, *t*, *u* Seitenmuskeln des Metathorax. *γδ* sog. Schuppennaht zwischen dem 1. und 2. Hinterleibssegment. Schöne Ansicht der longitudinalen Segmentalmuskeln. *K* Dorso-Ventral- oder Exspirationsmuskeln. Das Trommelfell bei *a* von einer Milbe zerstört. Die innere tympanale Tracheenblase liegt dem Trommelfell hart an, die äussere (*aBl*) ist zurückgeschlagen.
Alkoholpräparat tingirt mit Picrocarmin und dann in Canadabalsam eingeschlossen. Gez. mit d. Cam. luc. V. 15/1.

„ 100*. Hohle Chitinsehne und Ansatz des Tensor tympani nach Behandlung mit Kalilauge. Bei *p* ist noch das Pigment der Chitinsehnenmatrix erhalten. Gez. mit d. cam. luc. V. 45/1.

„ 101. Metathorax und Tympanalsegment von *Stenobothrus lineatus* Panz. ♀ von der Seite zur Demonstration der fast ganz geschlossenen Trommelfelltasche (*T*) und des in die Bildung derselben eingehenden beilförmigen Fortsatzes (*F*) des Metathorax-Epimerums. Vergr.

„ 102. Dorsale und laterale Partie eines durch das Tympanalsegment des genannten Insectes geführten Querschnittes. Die Lage des Tensor tympani (*TM*) und jene des Müller'schen Nervs (*N*) schematisch. α Der Neigungswinkel des Trommelfelles gegen die mediane Längsfläche des Körpers (*qt*). Gez. mit d. Cam. luc. 12/1.

„ 103. Metathorax und Tympanalsegment von *Stenobothrus lineatus* im letzten Entwicklungsstadium. Tympanum noch offen. V. 5/1.

„ 104. Dasselbe im zweitletzten Stadium V. 7/1.

„ 105. Dasselbe im drittletzten Stadium, wo die Flügelanlagen noch als aterale Lappen des Meso- und Metathorax erscheinen. Trommelfell gut markirt. V. 9/1.

„ 106. Dasselbe im viertletzten Stadium. Trommelfell kaum angedeutet. V. 8/1.

„ 108. Dasselbe im fünftletzten Stadium. Trommelfellanlage noch nicht sichtbar. V. 10/1.

„ 107*. Mittlere Partie der sog. zweischenkeligen Trommelfellanschwellung von *Oxya velox* nach Behandlung mit Kalilauge zur Demonstration des hohlen zapfenartigen Höckers (*za*) und seiner äusseren öhrartigen Öffnung (*Ö*). Die rinnenartige Anschwellung (*hv*) ist behaart. Gez. mit d. Cam. luc. 75/1.

„ 108. Äussere Trommelfellansicht von *Pachytylus migratorioides* Reiche ♂ mit lappenartig entwickelter, das Trommelfell halb bedeckender unterer Tympanalleiste (*uTL*). V. 6/1.

„ 109. Dasselbe von *Stenobothrus pratorum* Fieb. ♀. V. 8/1.

„ 110. Schematischer Querschnitt durch das Tympanum eines Acridiers (z. B. *Oedipoda*) in der Richtung der Trommelfellqueraxe. Vorderes Tympanalfeld (*V*) derb und häufig behaart. Die rinnenartige Anschwellung bildet vorne (*v*) eine schwächere, hinten (*h*) eine stärkere nach innen vorspringende Leiste. In der Mitte des hinteren dünnen und glatten Tympanalfeldes (*H*) das birnförmige Körperchen (*bi*). *hR* Durchschnitt durch die hintere Partie des Trommelfellrahmens. Vergr.

„ 110*. Trommelfell von *Tropidonotus discoidalis* Serv. von innen nach Behandlung mit Kalilauge. Chitinsehne des Tensor tympani (*zu*) sehr stumpf. Gez. mit d. Cam. luc. V. 10/1.

„ 111. Trommelfell und dessen nächste Umgebung von *Rhomalea centurio* Stoll. von aussen. *op* Grenzlinie zwischen dem Metathorax und d. 1. Hinterleibsring *mn* desgleichen zwischen dem 1. und 2. Hinterleibssegment. *vG* die ventrale weiche Gelenkshaut. Am Trommelfell fehlt das birnförmige Körperchen. V. 11/1.

„ 112. Äussere Trommelfellansicht von *Pachytylus nigrofasciatus* Latr. V. 6/1.

„ 113. Der zapfenförmige Tympanalhöcker (*AB*) mit seiner Matrix (*Ma*) und dem spindelförmigen (*sp*) Ganglionsabschnitt von *Oxya velox*. Alkoholpräparat. Gez. mit d. Cam. luc. V. 430/1.

„ 114. Das Trommelfell von *Poecilocera sanguinolenta* Serv. ♀ nach Aufhellung mit Kalilauge. Interessant der flügelförmige Verschlussmuskel des Stigmas (*ad*), sowie die abweichende Bildung der Tympanalanschwellung. V. 25/1.

„ 115. Isolirtes Müller'sches Ganglion von *Caloptenus italicus*. V. 200/1.

„ 116. Trommelfell von *Acridium tartaricum* L. ♂ mit kanellirtem Tympanalgewölbe (*TG*). V. 5/1.

„ 117. Trommelfell von *Stenobothrus pratorum* im zweitletzten Stadium. Tympanalfalte und rinnenartige Anschwellung wenig entwickelt. Gez. mit d. Cam. luc. V. 45/1.

Fig. 117*. Erste Anlage der zapfenförmigen Tympanalverdickung von *Stenobothrus lineatus* im zweitletzten Stadium. V. 200/1.

„ 118. Innere Trommelfellansicht von *Oxya velox* mit dem Müller'schem Endorgan. Adductor des Tracheenverschlussapparates (*ad*) flügelförmig. Gez. mit d. Cam. luc. V. 20/1.

„ 118*. Trommelfellsculptur von *Chorophystes sordidus* Serv. V. 1000/1.

„ 119. Metathorax (N_3) 1. und 2. Hinterleibssegment (r_1 und r_2) von *Paramycus viaticus* Serv. eines ganz flügellosen Acridiers, wo keine Spur eines Trommelfelles bemerkt wird. V. 4/1.

TAFEL X.

Fig. 120. Äussere Trommelfellansicht von *Oedipoda coerulescens.* (*m*) Äussere Öffnung der Chitinsehne des Tensor tympani. V. 12/1.

„ 121. Innere Ansicht der Tympanalgebilde desselben Thieres nach Entfernung des Fettkörpers, der inneren Tracheenblase und der integumentalen Matrix. Pikrokarminpräparat eingeschlossen in Canadabalsam. Durch die stellenweise etwas faltige Tracheenblase (*Bl*) schimmern die Trommelfellkörperchen sowie der Tympanalnerv (*MN*) mit dem Ganglion durch. Tensor tympani (*TM*) isolirt. Hauptstämme der aus dem Tympanalstigma entspringenden Tracheen (tr_1 etc.). Gez. mit d. Cam. luc. V. 12/1.

„ 122. Schematisch gehaltener Horizontalschnitt durch das Müller'sche Ganglion von *Pachytylus stridulus.* Vergr.

„ 123. Innere Trommelfellansicht von *Chrotogonus lugubris* Blanch. ♀. Trommelfell dadurch merkwürdig, dass darauf ausser einem birnf. Gebilde (*bi*) keinerlei Anschwellungen vorkommen. Stigma sehr gross, Adductor flügelförmig. Gez. mit d. Cam. luc. V. 60/1.

„ 123*. Die birnförmige Trommelfellanschwellung desselben Thieres. Gez. mit d. Cam. luc. V. 700/1.

„ 124. Innere Trommelfellansicht von *Stauronotus cruciatus* ♀ nach sorgfältiger Entfernung aller Weichtheile, um die Verschlussmuskeln (*ad* und *ab*) des Tympanalstigmas, den Tensor tympani (*TM*) und den Müller'schen Nerv mit seinem Ganglion zu demonstriren. Gefärbt mit Pikrokarmin, eingeschlossen in Canadabalsam. Gez. mit d. Cam. luc. V. 20/1.

„ 125. Dorsale und laterale Partie eines durch das Tympanalsegment von *Stetheophyma grossum* geführten Querschnittes. Oben das querdurchschnittene Rückengefäss (*Rü*) mit dem Pericardialraum- und Septum, unten Fettkörper und Ovarien (*Ov*). Sehr scharf ausgeprägt die Lage der inneren (*iBl*) und äusseren tympanalen Tracheenblase (*aBl*) sowie die Gestaltung des Trommelfellgewölbes (*op, TG.*). Kali bichr. Präp. Gez. mit d. Cam. luc. Vergr.

„ 126. Zweischenkelige Trommelfellanschwellung von *Pezotettix pedestris* L. nach Behandlung mit kochender Kalilauge. Man sieht sehr schön den Unterschied zwischen dem rauhen vorderen (*V*) und dem glatten hinteren Tympanalfeld (*H*). Gez. mit d. Cam. luc. 60/1.

„ 127. Ein in der Queraxe des Trommelfelles geführter Querschnitt von *Oedipoda coerulescens.* Man sieht ganz nahe dem dicken Integument der Trommelfellumgebung das hohle nach aussen endende zapfenartige Gebilde (*za*), links davon das birnförmige Körperchen. Das Trommelfellgewölbe (*R* bis *hTL*) wäre, um die natürliche Stellung desselben zu erhalten, um den Punkt *R* als Axe derart gegen das Trommelfell herüber zu drehen, dass die Schuppennaht zwischen dem 1. und 2. Hinterleibsring (*m*) fast horizontal zu liegen käme.

Schön zu sehen, dass die äussere tympanale Tracheenblase (*aBl*) in die von Muskelbündeln durchkreuzte tympanalfalte (*TF*) sowie auch in das 2. Hinterleibssegment (s_2) eindringt. *M* Querdurchschnittene Segmentalmuskeln. Pikrokarminpräparat eingeschlossen in Canadabalsam. Gez. mit d. Cam. luc. V. 30/1.

„ 128. Zweites oder Mesothoraxstigma von *Acridium tartaricum* L. Gez. mit d. Cam. luc. Vergr.

„ 129. Äussere Trommelfellansicht von *Cuculligera hystrix.* Tympanum etwas uneben. Tympanalanschwellungen (*ri*) abweichend gestaltet. V. 7/1.

„ 130. Innere Ansicht des Trommelfelles und der oberen Partie der auf dem 2. Segment befindlichen tongebenden Reibeplatte (*Fr*) desselben Thieres nach Behandlung mit kochender Kalilauge. Die Tracheenmuskeln nach einem anderen Präparat eingezeichnet. Gez. mit d. Cam luc. V. 7/1.

„ 130*. Die sehr abweichende Trommelfellanschwellung (Fig. 130 *Kl*) desselben Thieres nach Behandlung mit kochender Kalilauge. Die schalenartige Vertiefung *ab* entspricht dem Höcker *o*, der stielförmige Körper *o* der länglichen Spalte *o* in Fig. 129. Der kelchförmige ganz freie Trommelfellfortsatz *n* von einem sehnenartigen Hautsaum umgeben, an den sich ein Muskel anzuheften scheint. Gez. mit d. Cam. luc. V. 60/1.

„ 131. Müller'sches Ganglion sammt dem in zwei Äste gespaltenen Nerv von *Acridium tartaricum* frisch mit Osmiumsäure behandelt. Alles (auch die Lage der Stifte!) mit d. Cam. luc. gezeichnet. V. 400/1.

„ 132. Partie aus der hellen Endzone des Müller'schen Ganglions desselben Geradflüglers frisch in Müller'scher Lösung untersucht. Stellenweise auf das bestimmteste die Verknüpfung der terminalen Nervenröhren (*fa*) mit Integumentzellen (*MaZ*) sichtbar. Gez. mit d. Cam. luc. V. 1000/1.

„ 133. Seitenansicht des Thorax und des ersten Hinterleibsringes von *Caloptenus italicus* L. ♀. *n* Bezeichnet den Punkt, wo sich der gemeinsame Tympanalnerv in zwei Äste spaltet, *m* die Leiste, an welcher sich der Tensor tympani inserirt. Vergr.

Fig. 134. Ganz isolirtes tympanales Endorgan (Müller'sches Ganglion) einer *Tryxalis nasuta* L. aus China (aufbewahrt in Alkohol) nach Behandlung mit Kalilauge, und nachheriger Pikrokarmintinction.
Ausgezeichnet schön der glockenförmige Abschnitt der Endzone sowie der flügelartige Fortsatz (*fl*) zu sehen. Gez. mit d. Cam. luc. V. 150/1.

„ 135. Müller'sches Ganglion von *Oedipoda coerulescens* in seiner Verbindung einerseits mit dem zapfenartigen Höcker (*za*), andererseits mit dem birnf. Körperchen (*bi*) des Trommelfelles, nach Aufhellung mit Kalilauge. Der flügelartige Abschnitt ist hier nicht sichtbar. Gez. mit d. Cam. luc. V. 250/1.

„ 136. Dasselbe von *Pachytylus stridulus* frisch in Hyperosmiumsäure untersucht. Die pigmentirte Matrix (*Ma*) des Trommelfelles und seiner Verdickungen grösstentheils entfernt. Gez. mit d. Cam. luc. V. 45/1.

DIE VULCANGRUPPE DER PONTINISCHEN INSELN.

VON

DR. CORNELIO DOELTER.

VORGELEGT IN DER SITZUNG DER MATHEMATISCH-NATURWISSENSCHAFTLICHEN CLASSE AM 15. APRIL 1875.

Einleitung.

Die kleine, westlich vom Golf von Gaëta gelegene Gruppe der Pontinischen Inseln: Ponza, Palmarola, Zannone, Ventotene und S. Stefano erregte schon seit geraumer Zeit das Interesse der Geologen und Petrographen; theils war es von Wichtigkeit, zu erkennen, welche Rolle derselben gegenüber dem so gut bekannten neapolitanischen Vulcandistricte zugetheilt sei, und ob dieselbe in ihrem Alter und Bau letzterem analog seien oder nicht, theils war das Studium der vulcanischen Producte wegen der grossen Verschiedenheiten, welche zwischen denselben und den übrigen Mittel- und Süd-Italiens existiren, von Bedeutung.

Während Studien in letzterer Richtung, wenn auch nur aus älterer Zeit und ohne Anwendung neuerer Methoden existirten, wurden die Untersuchungen in der anderen Richtung trotz einiger für die damalige Zeit sehr gediegenen und werthvollen Abhandlungen, nur wenig bekannt, so dass sogar Werke, welche sich die Beschreibung und Aufzählung vulcanischer Gebiete zur Aufgabe gestellt hatten, jener Inseln nicht einmal erwähnten.

Es schien daher sehr wünschenswerth, eine detaillirtere Untersuchung dieser Inseln, welche seit fünfzig Jahren nicht durchforscht worden waren, vorzunehmen.

Im Herbste 1874 war es mir möglich, während längerer Zeit meinen Aufenthalt in Süd-Italien zur Erforschung derselben zu verwenden; die Resultate, welche auf dieser Reise erzielt wurden, sollen nun hier vorgelegt werden.

Bei der Darstellung derselben wurde jede Insel für sich betrachtet, und zuerst die Topographie dargelegt, hierauf die Gesteine besprochen und endlich der geologische Bau der Insel erörtert.

Kartographische Darstellungen schienen dabei unerlässlich; leider existiren von den betreffenden Inseln, mit Ausnahme der Hauptinsel Ponza, nur sehr unvollkommene, zur geologischen Colorirung fast untaugliche Karten, und es muss schon im voraus um Nachsicht für die auf solchen topographischen Unterlagen eingezeichneten Resultate gebeten werden.

Nur von der Insel Ponza selbst liegt eine bessere Karte im Massstabe $^1/_{20000}$ vor, welche, obgleich auch aus älterer Zeit stammend und in manchen Punkten incorrect, doch eine genügende Grundlage bilden

konnte, für eine zum Verständnisse des Ponza-Vulcans nothwendigen geologischen Karte; die Ausführung derselben war wegen der zahlreichen oft sich durchkreuzenden Gänge mit grossen Schwierigkeiten verknüpft.

Die Untersuchungen wurden nicht nur von der Seeseite, sondern auch auf dem Lande ausgeführt, was frühere Beobachter unterlassen hatten, wodurch von ihnen der Bau des Ponza-Vulcans nicht genügend erkannt wurde.

Nach dem Vorgange P. Scrope's habe ich eine grössere Anzahl von Profilen und Ansichten nicht nur von Ponza, sondern auch von den anderen Inseln entworfen, welche die Kenntniss des geologischen Baues vervollständigen.

Ich werde zuerst eine kurze Uebersicht über die bis jetzt vorliegenden Untersuchungen über den geologischen Bau der Ponza-Inseln geben, möchte jedoch diese einleitenden Worte nicht schliessen, ohne Denjenigen zu danken, welche mir auf meiner Reise durch ihre Unterstützung nützlich waren.

Ich muss vorerst der grossen Liebenswürdigkeit und Zuvorkommenheit erwähnen, welche mir allenthalben von Seiten der kgl. italienischen Behörden zu Theil wurde, und welche mir in diesen so selten von Fremden oder gar von Forschern besuchten Gegenden geologische Untersuchungen ermöglichte. Solche Unterstützung wissenschaftlicher Untersuchungen, wie man sie wohl in keinem anderen Lande findet, gereicht der italienischen Nation und Regierung zur grössten Ehre.

Namentlich dankbar bin ich dem Herrn Commendatore Luigi Gerra, General-Secretär des Ministeriums des Innern, welcher durch Empfehlungen an die Behörden mir überhaupt die Reise möglich machte, ferner auch dem Sindaco von Ponza, den kgl. Carabinieri und vielen Privatpersonen auf den Inseln Ponza und Ventotene, welche regen Antheil an meinen Arbeiten nahmen.

Auch den vielen Fachgenossen in Rom und Neapel — namentlich den Herren Prof. Strüver, Uzielli Guiscardi — meinen herzlichsten Dank für ihre liebenswürdige Aufnahme.

Zum ersten Male in geologischer Hinsicht finden wir diese Inseln in Hamilton's Campi Phlegraei erwähnt; es finden sich darin einige Notizen über die Insel Ventotene enthalten, in welchen die Ähnlichkeit mit den Vulcanen der phlegräischen Felder hervorgehoben wird.

Über die Ponza-Inseln selbst finden wir Einiges von demselben Autor in seinem Werke: „Bericht über den gegenwärtigen Zustand des Vesuv's und Beschreibung einer Reise in die Provinz Abruzzo und nach der Insel Ponza. Gelesen vor der Royal Society, 4. Mai 1786. Deutsch herausgegeben im Jahre 1787 zu Dresden". Es wird darin bemerkt, dass die Insel Ponza in ihrem damaligen Zustande nur das Skelet einer vulcanischen Insel sei; dass die Insel Zannone zum Theil aus vulcanischen Producten, zum Theil aus Kalken besteht. Die Gesteine Ponza's werden von dem Verfasser wegen ihrer säulenförmigen Absonderung zum Basalt gestellt, die Tuffe hält derselbe für durch vulcanische Exhalationen umgewandelte Basalte.

Der nächste Besucher war der ebenso eifrige als scharfsinnige Dolomieu. Seine Beobachtungen sind niedergelegt in dem Werke „Mémoire sur les isles Ponces. Paris 1788. Deutsch von Voigl. Leipzig 1789".

Seine Arbeit ist schon gegenüber den Hamilton'schen Beobachtungen ein bedeutender Fortschritt; es finden sich darin Karten der Küste der Inseln.

Ausserdem erkannte der Verfasser den Hafen von Ponza als früheren Krater, ebenso macht er auf zwei Schluchten auf der Insel S. Stefano aufmerksam, die ebenfalls mit Kratern Ähnlichkeit haben sollten; sehr ausführlich für die damalige Zeit sind seine Beschreibungen der Laven der Ponza-Inseln, welche einen grossen Theil des Werkes bilden.

Wenige Jahre darauf (1794) berichtet der Abbé Fortis über einige Gesteine in dem Aufsatze: Osservazioni litografiche sulle isole di Ventotene e Ponza; Memoire della Academia di Padova, 1794.

Von da bis 1827 finden wir nichts mehr über die Pontinischen Inseln; in diesem Jahre aber veröffentlicht Poulet Scrope die Resultate seiner Untersuchungen in dem Aufsatze: Notice on the Geology of the Ponza Isles. — Transactions of the Geological Society of London. Vol. II, 1827.

Es ist dies eigentlich die erste Arbeit über dieses Gebiet, welche hinreichend sein könnte, etwas Näheres darüber kund zu geben; besonders über Ponza finden wir darin höchst wichtige Mittheilungen, die schönen Profile der Ostküste behalten auch heute noch ihren vollen Werth. Die Natur der Gesteine ist darin zum erstenmal erkannt und die Umschmelzung der Trachytbreccie in Pechstein nachgewiesen.

Leider scheint Scrope seine Untersuchungen nur von der Seeseite gemacht zu haben, was zur Kenntniss des Baues der Insel nicht hinreichend war; auch ist der Vergleich einzelner Gesteine mit denen der neapolitanischen Vulcandistricte unrichtig.

In petrographischer Hinsicht verdanken wir Abich die Beschreibung einiger Gesteine der Ponza-Inseln. Sie finden sich in den „Vulkanischen Erscheinungen der Erde, p. 20" — und in den „Annales des mines", 1842, p. 579.

Der letzte Besucher war meines Wissens Pilla, welcher dieser Inseln bei Beschreibung der Rocca Monfina erwähnt; Bulletin de la Société géologique, 1842, p. 403.

Geographische Skizze der Pontinischen Inseln.

Die Pontinischen Inseln liegen an der Westküste Neapels, unweit des Golfes von Gaëta. Die Inselgruppe besteht aus den fünf grösseren Inseln:

Ponza, Palmarola, Zannone, Ventotene und Santo Stefano und mehreren kleinen Eiländern.

Man kann darin zwei Gruppen unterscheiden, eine westliche aus den ersten drei bestehend, und eine östliche aus den zwei letzteren gebildete. Die Entfernung zwischen beiden beträgt ungefähr 8 geographische Meilen.

Ponza. Es ist das die grösste der hier zu betrachtenden Inseln. Sie liegt unter 40° 54′ 30″ nördlicher Breite und 10° 25′ östlicher Länge von Paris.

Ihr Umfang beträgt 12 Miglien, ihre Breite schwankt zwischen $^1/_3$ und 1 Miglie.

Sie neigt sich von Süden, wo sie am höchsten ist, gegen Nordosten, und wird von zahlreichen Thalbildungen durchschnitten; die Küste fällt zum grössten Theil scharf gegen das Meer ab. Die Erhebung über den Meeresspiegel beträgt meist über 100 M.

Es ist die einzige der Ponza-Inseln[1], welche bewohnt ist; sie hat circa 3000 Einwohner, welche an dem Hauptorte Ponza und den Dörfern S. Antonio, Santa Maria, Vitiello und Forneti sich niedergelassen haben. Ausserdem finden sich in dem Hauptorte Ponza noch ungefähr 300 Sträflinge. Der Hauptort liegt an dem Hafen, welcher ziemlich breit ist und eine Tiefe von 30 Klafter besitzt. Landungsplätze finden sich ausserdem noch drei auf der Insel.

Palmarola. Es ist dies die westlichste der Pontinischen Inseln. Sie liegt unter 40° 57′ nördlicher Breite, und 10° 20′ 30″ westlicher Länge von Paris. Sie wird von einem ziemlich hohen, nicht sehr breiten Gebirgsrücken gebildet, der die Richtung N. S. verfolgt; fast überall sind die Küsten unzugänglich; ein eigentlicher Landungsplatz findet sich nur an der Westküste.

Die Insel ist unbewohnt, ein Theil jedoch derselben ist mit Reben und Feigenbäumen bepflanzt, welche von Einwohnern von Ponza cultivirt werden.

Zannone ist die nördlichste unserer Inseln, sie liegt unter 40° 59′ nördlicher Breite und 10° 29′ östlicher Länge von Paris; ihr Umfang beträgt 4 Miglien; sie hat die Gestalt eines Rechteckes, dessen längere

[1] Man hat oft unter diesem Namen sämmtliche fünf Inseln verstanden; es ist dies jedoch unrichtig, derselbe kann nur auf die drei westlichen Inseln angewendet werden.

Seite ungefähr der Richtung S.—N. parallel ist, und wird von einem Gebirgsrücken gebildet, der ungefähr in der Mitte der Insel seinen höchsten Punkt bildet, und von dort mehr oder weniger steil gegen das Meer abfällt.

Einen Hafen besitzt die Insel nicht; der gewöhnliche Landungsplatz findet sich an der gegen die Insel Ponza gekehrten Seite.

Die Insel Zannone ist unbewohnt, der grösste Theil derselben besteht aus Weideplätzen, der nördliche ist mit Gebüsch bewachsen, welches den Einwohnern von Ponza als Brennmaterial dient; hauptsächlich vertreten ist der Erdbeerbaum. Auf der Höhe südlich von der Asta de la Bandiera finden sich die Ruinen eines alten Klosters.

Ventotene ist die grössere der beiden Inseln der östlichen Gruppe.

Sie liegt unter 40° 47′ 30″ nördlicher Breite und 10° 47′ östlicher Länge von Paris.

Sie hat die Gestalt eines Dreieckes, dessen Basis parallel der Richtung OW. geht. Ihr Umfang beträgt fünf Miglien. Sie ist nur wenig über dem Meer erhaben und allenthalben mit Reben bepflanzt.

Die Insel besitzt keinen Hafen; zwei kleine Einbuchtungen, die eine an der Nordost-, die andere an der Nordwestseite, dienen je nach der herrschenden Windrichtung als Landungsplätze. An der Nordostseite befindet sich auch der Hauptort Ventotene. Die Zahl der Einwohner dieser Insel beträgt circa 2000 und ausserdem befinden sich darauf noch mehrere hundert Sträflinge. Im Alterthum hatte die Insel den Namen Pandataria.

S. Stefano. Diese kleine Insel, die östlichste sämmtlicher Pontinischen Inseln, ist von der eben besprochenen nur durch einen schmalen Kanal getrennt, dessen Breite circa $^1/_3$ Miglie beträgt. Sie ist von elliptischer Form und hat einen Umfang von circa 1 Miglie. Sie ist bedeutend höher als die Insel Ventotene und fällt nach allen Seiten steil gegen das Meer ab.

Die Insel dient als Bagno; auf der Höhe derselben finden sich ein Fort und die Gefängnisse für die Sträflinge

Geologie der Pontinischen Inseln.

Die Insel Ponza.

Topographie.

Die Westküste. Wenn man von der nördlichsten Spitze der Punta dell' Incenso ausgehend die Küste verfolgt, beobachtet man zuerst die Richtung O.—W.; die Küste, ziemlich durch Buchten zerrissen, fällt fast überall steil gegen das Meer ab; von dem kegelförmigen Monte Peppe Antonio an ändert sich die Richtung der Küste, sie zieht von da ein kleines Stück gegen Süden, um dann wieder erstere Richtung einzunehmen, die sie bis zur Punta del Papa beibehält; hier beginnt eine grössere Bucht, die Cala dell' Acqua, welcher eine weniger tief eingeschnittene, die Cala delle Fornelle, folgt, beide durch das Vorgebirge des Monte delle Corte getrennt.

Bei dem Capo Bosco macht die Küste, welche bis dahin von der Punta del Papa an die südwestliche Richtung verfolgt hat, eine Biegung und wendet sich gegen Süden, welche Richtung sie bis zum Capo Bianco beibehält; zwischen diesen zwei Punkten sind mehrere Buchten zu erwähnen, wovon die bedeutendste die Marina di Lucia Rossa bildet, welche bis zur Punta dei Faraglioni geht; eine weitere geht von der Punta della Vena bianca zum Capo bianco; die Küste, die überall steil abfällt, erhebt sich allmälig gegen Süden.

Mit dem Capo Bianco erreichen wir die südwestliche Spitze des mittleren Theiles der Insel, die Küste macht hier einen Halbkreis und bildet die tiefe Bucht von Chiaja di Luna, welche bis zur Punta del Fieno geht und von steil herabfallenden Felswänden gebildet wird. Nur die Punta del Fieno ist wenig über dem Meere erhaben; sie bildet das westliche Ende einer wenig hohen Landzunge.

Von letzterem Punkte zieht die Küste im Bogen bis zur südlichsten Spitze der Insel, der Punta della Guardia.

Die Ostküste. Dieselbe ist viel mehr zerrissen als die Westküste; zuerst verfolgt sie von der Punta della Guardia ausgehend die Richtung gegen NO., überall erheben sich schroffe und hohe Felswände; die Küste bildet mehrere kleine Buchten, von denen wir als eine der südlichen die des Bagno Vecchio erwähnen wollen; hinter den Häusern des Hauptortes Ponza, wendet sich die Küste gegen Osten bis zur Punta della Madonna und biegt dann wieder gegen Westen ein. Wir gelangen so in den Hafen von Ponza; derselbe hat seine grösste Ausdehnung in der Richtung von Osten nach Westen; an der Südseite ist die Küste nur wenige Meter über dem Meeresspiegel erhaben; ebenso an der Westküste, nur im nördlichen Theile erhebt sich die Küste etwas höher.

Die Punta Santa Maria bildet die nördlichste Spitze des Hafens; die erste kleine Bucht, welche sich im Hafen von jener Richtung ausgehend findet, ist die Marina de St. Maria; von da aus haben wir vier Buchten: die Spiaggia di Giancosso, die Spiaggia di S. Antonio, und die Spiaggia del Grano und den eigentlichen Hafen; in letzterem beträgt die Tiefe des Meeres im Durchschnitt 20 Par. Fuss; die grösste Tiefe in der ganzen Bucht beträgt 30.

Von der Punta di Santa Maria macht die Küste einen Bogen bis zur vorgeschobenen Spitze del Frontone, hierauf folgt eine zweite Bucht, die Cala del Core; endlich eine sehr tief eingeschnittene Bucht von hohen senkrecht abfallenden Wänden umgeben, die Cala del Inferno; von da geht die Küste in östlicher Richtung zur Punta Nera, um sich dann gegen NO. zu wenden, noch zwei grosse Buchten bildend; wir gelangen auf diese Weise an unseren ursprünglichen Ausgangspunkt, die Punta del Incenso.

Orographie. In Bezug auf ihre Oberflächengestaltung zerfällt die Insel in drei Theile.

Der erste Theil wird von den anderen durch ein breites Thal, welches bei San Antonio einmündet, getrennt. Dieser südliche Theil besteht aus dem hohen Berge von La Guardia und einer kleinen Halbinsel östlich vom Hauptorte Ponza.

Der Monte La Guardia fällt gegen das Meer zu, also gegen O., S., NW. steil ab, und nur gegen Norden, sowie auf der Westseite gegen die Punta del Fieno zu neigt er sich in geringerem Winkel. Das südlichste Ende desselben wird von einer schmalen, nicht sehr hohen Halbinsel gebildet, die den Namen Punta della Guardia trägt. Auf der Höhe des Monte La Guardia befindet sich eine Hochebene von circa 50 Meter Durchmesser. Auf dieser findet sich ein Leuchtthurm, sowie ein atmosphärischer Telegraf; die Erhebung über dem Meeresspiegel beträgt an letzterem nach meinen Messungen circa 280 Meter; es ist dies der höchste Punkt der Insel.

Der Nordabhang des Monte La Guardia senkt sich zuerst steil in seinem oberen Theile, später aber wieder sehr sanft; an der Nordostseite bildet er eine kleine Hochebene i Scotti genannt.

Die von dem Monte La Guardia unabhängige östliche Halbinsel, welche mit der Punta della Madonna endigt, ist bedeutend niedriger; ihre Höhe beträgt circa 60 Meter; gegen die Ortschaft Ponza senkt sie sich allmählig, gegen das Meer fällt sie steil ab; sie ist theilweise von Häusern besetzt.

Die Entfernung zwischen der Punta della Guardia und der Punta della Madonna beträgt 1 Miglie; die vom Bagno Vecchio bis zur Punta del Fieno 2 Miglien.

Der mittlere Theil der Insel ist der grösste; er erstreckt sich von dem erwähnten Thale von St. Maria bis gegen die Landenge an der Cala del Inferno, welche ihn von dem nördlichen Theile der Insel trennt. Er hat ungefähr die Richtung NS. Es ist dieser mittlere Theil der Insel der topographisch complicirteste: im N. und im W. ist er im Allgemeinen höher als im S. und im O. Die Richtung der Thäler parallel der Richtung OW.; die meisten münden an der Ostküste ein. Die Wasserscheide zwischen beiden Wassergebieten geht so ziemlich von S. nach N.; von Chiaja di Luna zieht sie gegen den Ciglio del Guarniero im Bogen von dort gegen Tre Venti und dann nach dem Monte Core, von da aber zur Ostküste gegen die Cala del Inferno.

Der südliche Theil dieses Gebirges wird von einem halbmondförmigen Kranz von Hügeln gebildet, welcher zuerst von S. Antonio gegen den Ciglio del Guarniero und von dort gegen den Monte Tre Venti hinzieht. Von dort zieht die Fortsetzung dieses Gebirges im Bogen gegen die Punta de St. Maria als letzten Ausläufer. Zwischen dem Höhenzug von Tre Venti und dem letzteren findet sich demnach ein weiter Thal-

kessel. In diesen Thalkessel münden eine Menge kleinerer Seitengräben ein; es sind dies zwei von Tre Venti kommende, zwei weitere von den zwischen Ciglio del Guarniero und Tre Venti liegende Hügeln, und zwei von ersterem Berge, fernerhin zwei von den südlichen Hügeln.

Den höchsten Punkt dieser ganzen, im Halbkreis ziehenden Hügelkette bildet der Monte Tre Venti, der nach meinen Messungen 200 M. hoch ist, von da südlich erhebt sich als letzter hoher Punkt der Ciglio del Guarniero, 180 M. hoch. Im Süden ist der Zug viel niedriger; etwas höher ist der, von Tre Venti gegen die Punta Santa Maria ziehende Rücken.

An der Ostküste weiter streifend, finden wir eine weitere grössere Vertiefung zwischen dem letzteren Rücken und dem Monte Core, einem kurzen, von O. nach W. ziehenden hohen Hügel; der von S. nach N. gehende Hauptrücken bildet an dieser Stelle einen schmalen Kamm, dessen Höhe 150 M. beträgt; jene kesselartige Vertiefung senkt sich allmählig gegen das Meer bis zur Bucht, welche den Namen Cala del Frontone trägt.

Ein weiteres tiefes Thal, parallel der Richtung W.—O., findet sich zwischen genanntem Monte Core und dem hohen Rücken Monte del Campo Inglese, welcher die Richtung gegen ONO. verfolgt und die Wasserscheide zwischen der Ost- und Westküste bildet; er zieht gegen die Cala del Inferno zu; er ist mit verschiedenem Strauchwerk bewachsen, auf der höchsten Spitze findet sich ein kleines verlassenes Fort „Il Campo inglese".

Wir kehren nun an der Ostküste von N. nach S. gehend zurück; der Nordwestabhang des eben erwähnten Rückens senkt sich langsam gegen Süden zur Cala delle Fornelle; getrennt von diesem Hauptzug erhebt sich das Vorgebirg des Monte Capo Bosco.

Der Westabhang des von S. nach N. ziehenden Rückens besteht aus von O. nach W. laufenden parallelen Rücken, welche unter einander durch tiefe Schluchten getrennt sind. Zwischen Monte Tre Venti und Monte Capo Bosco finden sich drei Hauptschluchten; der höchste der Rücken ist derjenige, welcher die Fortsetzung des Monte Core bildet. Seine Höhe beträgt 150 M.

Wir kommen nun zu dem südlich von Tre Venti an der Westküste gelegenen Theile der Insel.

Zwischen diesem Berge und dem erwähnten Ciglio del Guarniero senken sich die Abhänge allseitig und bilden einen rundlichen Thalkessel, der gegen Westen sich zum Meere hin öffnet. Auf der Südwestseite erhebt sich ein steiler Hügel Montagniello genannt, dessen Höhe 190 M. beträgt; überall fällt die Küste steil gegen das Meer ab. Zwischen dem vom Ciglio del Guarniero nach SO. ziehenden Rücken und der Küste findet sich ein welliges Hügelland; es sind dort zwei Kesselthäler an der Westseite, ferner zwischen dem Ciglio und der Küste gegen S. ein sehr tief eingeschnittenes Thal, das gegen NO. zieht und unterhalb Vitiello einmündet.

Es bleibt uns nur noch der Theil, der zwischen dem La Guardia Berg und dem Thale von Santa Maria liegt; wir erwähnten früher, dass vom Nordwestabhang des La Guardia Berges von N. und O. ein breites Thal zieht; an dessen Ausgange befindet sich die Ortschaft Ponza; durch den Westabhang zur Bucht von Chiaja di Luna führt ein Tunnel, welches noch aus Römerzeiten datirt.

Von da gegen N. erheben sich mehrere ebenfalls von W. nach O. ziehende Rücken, durch tiefe Gräben getrennt; es sind drei zwischen dem breiten Thale und dem, welches gegen Vitiello hinzieht; ihre Höhe ist unbedeutend; südöstlich vom Ciglio del Guarniero vereinigen sie sich.

Es erübrigt noch, den d r i t t e n Theil, den nördlichsten von dem Dorfe Forneti bis zur Punta del Incenso gelegenen darzustellen.

Von der Cala del Inferno bis zur Cala Gaetano streift ein hoher Rücken gegen NO., der Monte Schiavone, welcher seine höchsten Erhebungen im südlichen Theile zeigt, gegen Norden aber allmählig niedriger wird.

Während so die Ostküste eine bedeutende Erhebung zeigt, senkt sich die Ostküste von dem Abhange des Monte Schiavone allmählig gegen das Meer. An der Punto del Papa ist noch eine kleine Erhebung zu bemerken, auf welcher das Fort del Papa steht. Ein anderer kegelförmiger Berg von unbedeutender Höhe ist der Monte Peppe Antonio nordöstlich von dem Monte del Papa.

Der äusserste Theil der Insel gegen Norden zu wird gebildet von einer circa 80 M. hohen Ebene, welche nur in der Nähe der Küsten einige Wasserrisse zeigt.

Dieser eben betrachtete dritte Theil der Insel ist im Allgemeinen gegen Nordosten gerichtet, seine Länge beträgt 1 Miglie, seine Breite ist im Allgemeinen eine geringe, wie er auch der Höhe nach so ziemlich der niederste ist. Zum Schluss dieser topographischen Notizen geben wir eine Zusammenstellung der Höhenmessungen, welche von uns ausgeführt wurden, und welche vielleicht um so wünschenswerther erscheinen dürften, als von der Insel Höhenmessungen unseres Wissens bis jetzt nicht existiren. Dieselben wurden mit dem Aneroidbarometer ausgeführt und machen weiter keinen Anspruch auf besondere Genauigkeit.

Monte La Guardia	280 M.
Ciglio del Guarniero	150·7
Joch zwischen Ciglio del Guarniero und Montagniello	110·1
Monte tre Venti	153·9
Punta dei Faraglioni	101
Pass östlich von dem Monte tre Venti	98
Punta del Frontone	102
Fortino del Campo Inglese	187·1
Monte Capo Bosco	167·7
Monte Schiavone	135·3
Cala Gaetano	92
Incenso	88

Die Gesteine der Insel Ponza.

Der La Guardia-Trachyt.

Das grosse Massiv des Monte La Guardia besteht aus einem dunklen zwischen Andesit und Trachyt stehenden Gesteine, welches ich, wie aus nachstehenden Gründen ersichtlich ist, als Sanidin-Plagioklas-Trachyt bezeichnet habe.

Bestandtheile. Hauptbestandtheile des Gesteines sind: Sanidin, Plagioklas, Augit, Hornblende; untergeordnet treten auf: Biotit, Magnetit.

Die Menge der makroskopisch ausgeschiedenen Krystalle ist, wie man an diesen Handstücken beobachtet, eine ziemlich bedeutende.

Plagioklas. Dieser Feldspath tritt im Gegensatze zu dem Orthoklas makroskopisch nur sehr untergeordnet auf; es sind kleine Krystalle, welche nicht leicht von den Sanidinen zu unterscheiden sind.

Hornblende. Dieses Mineral ist makroskopisch nicht selten; es tritt in kleinen Nadeln oder auch in schwarzen säulenförmigen Krystallen ohne Endfläche auf.

Augit. Derselbe ist makroskopisch etwas seltener und kömmt ebenfalls in Nadeln und säulenförmigen Krystallen vor.

Biotit. Tritt hin und wieder in braunen, oft hexagonale Umrisse zeigenden Blättchen auf.

Sanidin. Der Sanidin kommt in porphyrartig eingesprengten leistenförmigen Krystallen von verschiedenen Dimensionen vor. In zersetzten Handstücken, wie sie an den Inseln Scoglio Calzone del Muto, an der Südostküste vorkommen, sind diese Sanidine herausgewittert und zeigen deutliche Krystallform, ihre Länge beträgt circa 6—11 M., sie sind tafelförmig durch Vorherrschen des Klinopinakoides M, wogegen die Prismenflächen T und l nur untergeordnet erscheinen; sie repräsentiren die Combination:

$$\begin{array}{ccccccccc} \infty P\infty & . & 0P & . & \infty P & . & 2P\infty & . & 2P\infty \\ (M) & . & (P) & . & (t)(l) & . & (y) & . & (p) \end{array}$$

Chalcedon und Opal-Substanz finden sich nicht selten als secundäre Producte in den Gesteinen.

Magnetit ist mit unbewaffnetem Auge nicht zu beobachten.

Die Grundmasse des Gesteines ist dunkelgrau bis lichtgrau, oft auch mit einem Stich ins Bläuliche; dieselbe ist den porphyrartig ausgeschiedenen Bestandtheilen gegenüber untergeordnet, am meisten herrscht unter letzteren der Sanidin vor, der nicht selten die Hälfte des Gesteines bildet.

Die mikroskopische Untersuchung von Dünnschliffen dieses Gesteines ergab mir Folgendes:

Unter den ausgeschiedenen grösseren Gemengtheilen herrscht der Sanidin vor, er bildet meistens einfache Krystalle mit deutlicher hexagonaler Umrandung; häufig sind auch die Krystalle zerrissen und gebrochen, wie das auch bei anderen Gesteinen eine häufige Erscheinung ist. Neben den einfachen Krystallen treten auch Zwillinge nach dem Karlsbader Gesetze auf.

Aber auch der Plagioklas tritt in nicht geringer Menge porphyrartig auf; er zeigt ausgezeichnete Lamellarstructur; auch hier zeigen sich Zerreissungen der Krystalle; die Menge des Plagioklases ist oft der des Sanidines nur um wenig nachstehend. In den Feldspathen zeigen sich in nicht geringer Anzahl Glaseinschlüsse und Mikrolithen, Magnetit ist dagegen nur selten darin zu beobachten; Biotitblättchen sind auch in einigen Fällen in dem Feldspathe zu beobachten.

Neben den grösseren porphyrartig ausgeschiedenen Feldspathkrystallen treten in grösserer Anzahl leistenförmige kleine, wirr durcheinander liegende Krystalle auf, die dem Sanidine angehören.

Die Hornblendekrystalle zeigen keine regelmässige Begrenzung, es sind einfache Krystalle von dunkelbrauner Farbe, welche viel Magnetit enthalten.

Der Augit tritt meist in kleineren Individuen auf als die Hornblende, es sind blassgelbe, nicht dichroitische, Magnetit enthaltende Durchschnitte; er herrscht gegenüber der Hornblende vor; kleine braune Durchschnitte gehören wohl dem Biotit an.

In der Grundmasse sieht man neben den winzigen Sanidinleisten auch kleine Augite, Magnetit und unbestimmbare Mikrolithen; Glasmasse ist nur sehr selten zu beobachten.

Eine chemische Analyse dieses Gesteines war sehr wünschenswerth; die Resultate derselben waren:

Kieselsäure	56·09
Thonerde	26·09
Eisenoxyd	1·53
Manganoxydul	Spur
Kalkerde	3·41
Magnesia	2·70
Kali	6·49
Natron	3·38
Glühverlust	1·05
	100·74

Es entspricht dieses Gestein seiner chemischen Zusammensetzung nach also den Andesiten, beispielsweise den siebenbürgischen und ungarischen Amphibol-Andesiten, jedoch ist der Eisengehalt in demselben etwas geringer. Die Gesteine der Insel Ischia, welche weniger Plagioklas, dagegen Orthoklas und Leucit enthalten, sind etwas saurer, die des Vesuvs viel basischer.

Sanidin-Biotit-Trachyt.

Dieses Gestein, dessen Vorkommen auf einen die Trachytbreccie durchbrechenden Gang beschränkt ist, unterscheidet sich hauptsächlich durch die Structur und das gegenseitige quantitative Mengenverhältniss von dem Rhyolith.

Es ist von lichtgrauer Farbe, ziemlich porös, die Grundmasse tritt den ausgeschiedenen Bestandtheilen gegenüber zurück. Es sind dies:

Sanidin. Hexagonale Krystalldurchschnitte zwischen 3—7 Mm. lang, häufiger aber Körner, beide mit glasiger rissiger Beschaffenheit. Plagioklas ist makroskopisch nicht von dem Sanidine zu trennen.

Biotit kommt sehr häufig in diesem Gesteine vor; er zeigt sich in kleinen tombackbraunen Blättchen, die meistens hexagonale Umrisse zeigen.

Unter dem Mikroskop im Dünnschliff sieht man sehr viel Sanidinkrystalle, meistens einfache Krystalle, aber auch Karlsbader-Zwillinge; die Durchschnitte zeigen deutlich eine länglich hexagonale Form, die Feldspathe dieses Gesteines sind ziemlich von Einschlüssen rein.

Ausser dem Sanidin kommt aber auch mikroskopisch Plagioklas mit ausgezeichneter Zwillingsstructur vor; seine Menge ist indessen ziemlich gering.

Ausserdem zeigen sich aber hin und wieder Körner von Quarz mit zahlreichen Rissen, Einschlüsse der Grundmasse enthaltend; das Vorkommen desselben ist ein sehr seltenes.

Der Biotit zeigt sehr reine und ungemein frische, braune, sehr deutlich dichroitische Durchschnitte.

Rhyolith.

Dieses in Gängen vorkommende, auf der Insel Ponza sehr verbreitete Gestein, entspricht sowohl der chemischen als auch der petrographischen Beschaffenheit nach ganz denjenigen Gesteinen, welche Richthofen in Ungarn als Rhyolithe bezeichnete; Roth nennt diese Gesteine Liparit; ich habe aber in meinen früheren Arbeiten auseinandergesetzt, warum es wünschenswerth erscheint, den Namen Rhyolith beizubehalten [1].

Die hier zu betrachtenden Gesteine haben eine dichte, harte, homogene Grundmasse von lichtgrauer, oft mit einem Stich in's Röthlichgraue versehene Farbe; in dieser Grundmasse, welche den Einsprenglingen gegenüber stets vorherrscht, findet man sehr kleine glasige, glänzende Feldspathkrystalle, und 4 bis 6 Mm. Durchmesser führende Biotithexagone von tombackbrauner Farbe.

Die mikroskopische Untersuchung ergibt Folgendes. Grössere Einsprenglinge sind:

Sanidin, meist in einfachen Krystallen, ziemlich häufig.

Plagioklas, seltene länglich-hexagonale Durchschnitte; dagegen sind parallele Einlagerungen von triklinen Lamellen in Sanidinen ziemlich häufig.

Biotit, sehr reine, braungelbe Durchschnitte.

Magnetit in Körnern ist nicht selten. Die Grundmasse zeigt Sanidinkörner, zwischen denen amorphe Masse liegt; auch Magnetit ist sehr häufig; Tridymit in deutlichen hexagonalen Täfelchen ist in Drusenräumen zu sehen.

Die chemische Untersuchung dieses für die Kenntniss des Ponza-Vulkans so wichtigen Gesteines war sehr nothwendig; Abich hat allerdings schon früher ein diesem wahrscheinlich sehr ähnliches Gestein untersucht, leider jedoch ohne nähere Angabe des Fundortes, er vergleicht es mit den quarzfreien Porphyren Beudant's, und beschreibt es als ein mehr oder wenig lichtes Gestein mit Feldspath- und Glimmerausscheidungen. Die analysirte Varietät, welche glimmerreich war, soll mit feinkörnigem Granit Ähnlichkeit gehabt haben.

Abich erhielt folgende Resultate:

Kieselsäure	73·46
Thonerde	13·09
Eisenoxyd	1·49
Kalkerde	0·45
Magnesia	0·35
Manganoxyd	Spur
Kali	4·39
Natron	6·28
	99·51

Spec. Gew. = 2·5398.

[1] C. Doelter. Quarzführende Andesite, p. 4. Die Trachyte des Tokay-Eperieser Gebirges, p. 2.

[2] Vulkanische Erscheinungen der Erde, p. 21, — und Annales des Mines, 1842, p. 582.

Das von uns untersuchte Gestein stammt von einem Gange, welcher von O. nach W. zieht; das Handstück wurde bei Chiaja di Luna gesammelt.

Seine chemische Zusammensetzung ist nach der von uns ausgeführten Analyse folgende:

Kieselsäure	71·12
Thonerde	14·58
Eisenoxyd	1·69
Manganoxydul	Spur
Kalkerde	1·50
Magnesia	0·15
Kali	6·01
Natron	3·26
Glühverlust	0·95
	99·26

Unsere Resultate weichen etwas von denen Abich's in Betreff des Kieselsäuregehaltes ab; jedoch gehört das Gestein übereinstimmend zu den sauren mit Kieselsäureüberschuss; da das Gestein sehr magnetitarm ist, so dürfte die Grundmasse wohl hauptsächlich aus Orthoklas und etwas Plagioklas (Albit wahrscheinlich) bestehen; die der Analyse nach jedenfalls im Überschuss vorkommende Kieselsäure erklärt sich durch die durch mikroskopische Untersuchungen ergebene Thatsache des Vorkommens von Tridymit und etwas Glasmasse, die etwas saurer als Feldspath sein dürfte.

Pechstein.

Die Pechsteine Ponza's sind alle porphyrartig ausgebildet. Es lassen sich vollkommene Übergänge zwischen dem vollendeten Pechsteine und der Pechsteinbreccie beobachten; andererseits lassen sich zwischen letzterer und der Trachytbreccie auch wieder die verschiedenartigsten Übergangsstufen beobachten.

Normaler Pechstein. Die Farben der Pechsteine sind schwarzgrünn oder braungelb bis honiggelb; einen Unterschied in den ausgeschiedenen Bestandtheilen konnte ich zwischen beiden nicht entdecken; es sind dies:

Sanidin. Glasige, rissige kleine Krystalle, oft in grosser Anzahl vorhanden; dieselben zeigen oft ganz regelmässige rechteckartige oder auch länglich hexagonale Durchschnitte; häufiger kommt er aber in Körnern vor.

Biotit. In dünnen Blättchen, meistens mit hexagonalen Umrissen von schwarzbrauner Farbe, besonders häufig in den gelben Pechsteinen, etwas seltener in den schwarzgrünen.

Die Grundmasse ist dunkelgrün, schwarzgrün, schwärzlichgrau oder dunkelgelb bis honiggelb, meistens, besonders aber bei den gelben Pechsteinen, zeigen die einzelnen Partien des Gesteinsstückes verschiedene Nüancen. Die Grundmasse erscheint bei unbewaffnetem Auge gänzlich homogen und zeigt Wachsglanz. Was die Structur der Gesteine betrifft, so sind sie meistens porphyrartig ausgebildet, entweder durch das Auftreten von Sanidin und Biotit oder nur von Sanidin; ganz dichte Pechsteine ohne jegliche Ausscheidungen kommen gar nicht vor; stets aber gibt sich ein Vorherrschen der Grundmasse gegenüber den ausgeschiedenen Bestandtheilen kund.

Die mikroskopische Untersuchung dieser Gesteine ergibt manches Interessante. Im Allgemeinen verhält sich die Grundmasse dieser Gesteine wie die der Obsidiane.

Unter den mikroskopisch ausgeschiedenen Bestandtheilen trifft man natürlich am häufigsten den Sanidin; derselbe kommt meistens in einfachen Krystallen vor; Karlsbader-Zwillinge sind bei weitem seltener, der Sanidin tritt am häufigsten in Körnern auf; Plagioklase konnte ich nur in sehr seltenen Fällen constatiren. Der Biotit zeigt keine aussergewöhnlichen Erscheinungen. Magnetit ist ziemlich häufig; in der Grundmasse sieht man eine grössere Anzahl von Sanidinleisten und auch Körner dieses Minerals ohne Ordnung eingestreut.

Die Grundmasse selbst ist ein Glas, theils farblos, theils blassgelb oder blassgrünn. Bei entsprechender Vergrösserung lassen sich darin eine grosse Anzahl von schwarzen Mikrolithen erkennen, welche den Trichi-

ten gleichkommen, sie zeigen Fluidalstructur, ausserdem kommen grössere farblose, längliche Mikrolithen, sowie auch jene undurchsichtigen Körnchen vor, die man als Opacit bezeichnet hat.

Was die chemische Zusammensetzung des Pechsteines betrifft, so gehört derselbe zu den hochsilicifirten Gesteinen; wir geben hier die Resultate der Analyse eines Pechsteines, welcher von einem Gange stammt, der an dem Monte Schiavone im Norden der Inseln die Trachytbreccie durchbricht. Das Handstück wurde an Cala del Inferno gesammelt.

Derselbe zeigt eine vollkommen dichte, homogene Grundmasse von weissgelber bis braungelber Farbe, in derselben sind kleine Sanidine in Krystallen und Körnern eingestreut, seltener Biotitblättchen; die Grundmasse besteht aus Glasmasse mit zahlreichen parallel angeordneten Mikrolithen.

Die chemische Untersuchung ergab folgende Resultate.

Kieselsäure	68·99
Thonerde	13·78
Eisenoxyd	0·75
Kalk	2·01
Magnesia	0·15
Kali	8·01
Natron	2·99
Glühverlust	2·89
	99·57

Dieses Gestein kommt demnach seiner chemischen Zusammensetzung nach dem Rhyolith ziemlich nahe.

Diese Analyse gibt auch annähernd wenigstens die der Trachytbreccie, welche später beschrieben werden wird, denn die Beobachtung zeigte uns, dass der Pechstein eine durch den Contact von Rhyolith umgeschmolzene Trachytbreccie ist.

In der Grundmasse erkennt man sehr viel Sanidin, der in Körnern auftritt, ausserdem auch Magnetit. Glasmasse ist nur wenig vorhanden.

Perlit.

Der Perlit tritt nur an wenigen Punkten auf; die eigentliche perlitische Textur, wie sie Beudant[1] in seinem klassischen Werke über die ungarischen Trachyte als die normale bezeichnet, der Perlite testacé, kommt auf Ponza nicht vor; der Perlit neigt mehr zu dem Obsidian, derselbe würde nach Beudant zu dem Perlite rétinique oder auch zu dem Perlite lithoide globulaire zu stellen sein.

Trachytbreccie.

Dieses Gestein, das am meisten verbreitete von Ponza, besteht im Wesentlichen aus fein zerriebenem Material eines porösen Trachyts, der mehr oder weniger zahlreiche Einschlüsse von letzteren Gesteinen beherbergt; in der Nähe von Rhyolithgängen sind letztere Einschlüsse etwas verändert und zeigen Übergänge zu dem Pechsteine; aber auch in weiteren Entfernungen von den sie durchbrechenden Rhyolithgängen zeigen die Einschlüsse den Anfang der Perlitstructur, häufig sind sie auch bimssteinähnlich, es lässt sich sonst kein besonderer Typus für dieses Gestein aufstellen, da es an jedem Punkte einen verschiedenen Habitus zeigt.

Tuffe.

Wir haben viererlei Tuffe unterschieden; den geschichteten Tuff vom Monte La Guardia, den rothen Tuff von ebendemselben Berge, den jüngeren braunen Tuffsandstein und den rhyolitischen, durch Gasexhalationen veränderten Tuff vom Incenso.

Der geschichtete Tuff vom Monte La Guardia, der an diesem Punkte eine bedeutende Mächtigkeit zeigt, besteht aus dem Materiale, welches das Bindemittel zu der Trachytbreccie geliefert hat; dieser Tuff,

[1] Voyage en Hongrie. Paris, 1822, 2. Bd.

der auch zu Bausteinen auf Ponza verwendet wird, ist ziemlich hart, er zeigt eine blendend weisse Farbe, Mineralausscheidungen sind darin nicht zu erkennen.

Der rothe Tuff ist von den eben beschriebenen gänzlich verschieden, er zeigt in seiner Masse Krystalle von Hornblende, Augit und Feldspath, somit jene Mineralien, aus denen der La Guardia-Trachyt gebildet ist. Er hängt auch wohl mit demselben genetisch zusammen; seiner Beschaffenheit nach ist er wenig consistent [1].

Der braune Tuffsandstein ist im Wesentlichen von jenen beiden Bildungen verschieden, es ist eine wenig mächtige locale Sedimentbildung oft von conglomeratartigem Habitus; er ist vorwiegend sandig und enthält abgerundete kleine Bruchstücke der verschiedenen Gesteinarten, sowie auch Biotitblättchen, ist gänzlich kalkfrei, zeigt nur eine geringe Festigkeit und ist meistens ganz incohärent.

Endlich ist noch jenes Gesteines zu erwähnen, welches den nordöstlichen Theil des Landes, die Punta del Incenso bildet. Es ist diese Tuffbildung, welche oft in Breccie übergeht, an den verschiedenen Stellen sehr verschieden. Sie besteht aus mehr oder weniger lockerem Gestein mit Bruchstücken von verquarztem Rhyolith. Das Ganze macht den Eindruck eines durch Dämpfe zersetzten Gesteines, welchem auch das gebleichte Aussehen desselben vollkommen entspricht.

Altersfolge der Gesteine.

Wenn wir die soeben ihrer petrographischen Beschaffenheit nach skizzirten Gesteine in Betreff ihres relativen Alters untersuchen, so ergibt sich vor allem, dass die Trachytbreccie das älteste Gebilde ist; dieselbe wird von dem Sanidin-Biotit-Trachyt und vom Rhyolith, ebenso vom Plagioklas-Sanidin-Trachyt deutlich durchbrochen oder überlagert. Dies wird durch die der Arbeit beigegebene Karte sowie auch durch die Profile gezeigt. Was nun das Verhältniss der verschiedenen drei Eruptivgesteine unter einander betrifft, so lässt sich darüber wegen des räumlichen Verhaltens der Gesteine weniger mit Sicherheit angeben.

Sowohl der Rhyolith als der am Montagniello vorkommende Sanidin-Biotit-Trachyt bilden Gänge in der Trachytbreccie; von dem La Guardia-Trachyt ist die grösste Masse, welche den genannten Berg bildet, stromartig über die Breccie geflossen, während die Punta della Guardia und die Inseln Scoglio Calzone del muto aller Wahrscheinlichkeit nach einen Gang bilden und einer anderen Eruption angehören, der Eruptionspunkt dieses Gesteines dürfte wohl westlich von der Punta della Madonna, in der Nähe derselben zu suchen sein.

An der Südwestküste des Monte La Guardia, zwischen der Punta del Fieno und der Punta La Guardia, durchbricht der Rhyolith die Trachytbreccie, während der Sanidin-Plagioklas-Trachyt nicht durchbrochen wird; ebenso sprechen die Profile an Chiaja di Luna [2] dafür, dass letzteres Gestein jünger sei als der Rhyolith, welchen er zu überlagern scheint.

Das Verhältniss des Sanidin-Biotit-Trachyts vom Montagniello an der Westküste von Ponza zu dem Rhyolith ist nicht näher festzustellen, derselbe dürfte wohl dem zweiten Eruptionscentrum angehören, und es frägt sich nur, welches von beiden das älteste ist; die Lösung dieser Frage ist mit grossen Schwierigkeiten verknüpft, da die Gesteine, welche denselben entströmten, petrographisch identisch sind; wahrscheinlich gibt es zwischen beiden keinen durchgreifenden Unterschied, und sind Gänge des ersten jünger als die des zweiten, andere wieder älter.

Was nun die von uns unterschiedenen Tuffbildungen anbelangt so scheint es festzustehen, dass der zerfallende saure Tuff, welcher den nördlichen Theil der Insel bildet, jünger ist als der Rhyolith, da er ähnliche Gesteinsbrocken enthält, aber trotzdem wieder von dem Gange an der Punta del Incenso durchbrochen wird, so dass er im Allgemeinen als gleichzeitig angenommen werden kann.

Von den übrigen Tuffen folgte auf die Eruption des Rhyolithes der geschichtete Tuff von La Guardia, welcher überall nur angelagert erscheint, hierauf aber der rothe Tuff, welcher ein locales Vorkommen bildet

---

[1] Lyell glaubt, dass solche Tuffe durch den Contact mit Lava entstehen; jedenfalls ist aber der hier zu betrachtende Tuff von den übrigen verschieden, und gleichzeitig oder kurz vor dem Ausfliessen der Trachytlava gebildet worden.

[2] S. Taf. IV.

und sein Material aus dem La Guardia-Trachyt bezogen zu haben scheint, endlich der braune Tuffsandstein von dem Capo Bianco, das jüngste Gebilde auf Ponza; es ergibt sich demnach folgende Reihenfolge: Trachytbreccie, Rhyolith, Sanidin-Biotit-Trachyt, La Guardia-Trachyt, rother Tuff, geschichteter Tuff und Incenso-Tuff, Tuffsandstein.

Contractionsformen der Gesteine.

Wohl in wenig vulcanischen Gegenden dürften auf einem so beschränkten Raume so schöne Beispiele von Absonderungsformen trachytischer Gesteine aufzufinden sein, wie auf den zwei Inseln Ponza und Palmarola; wir werden der Kürze wegen und der übersichtlichen Darstellung halber die beiden Inseln zusammen betrachten.

Die säulenförmige Absonderung ist in hohem Grade dem Rhyolith und dem La Guardia-Trachyt von Ponza eigen.

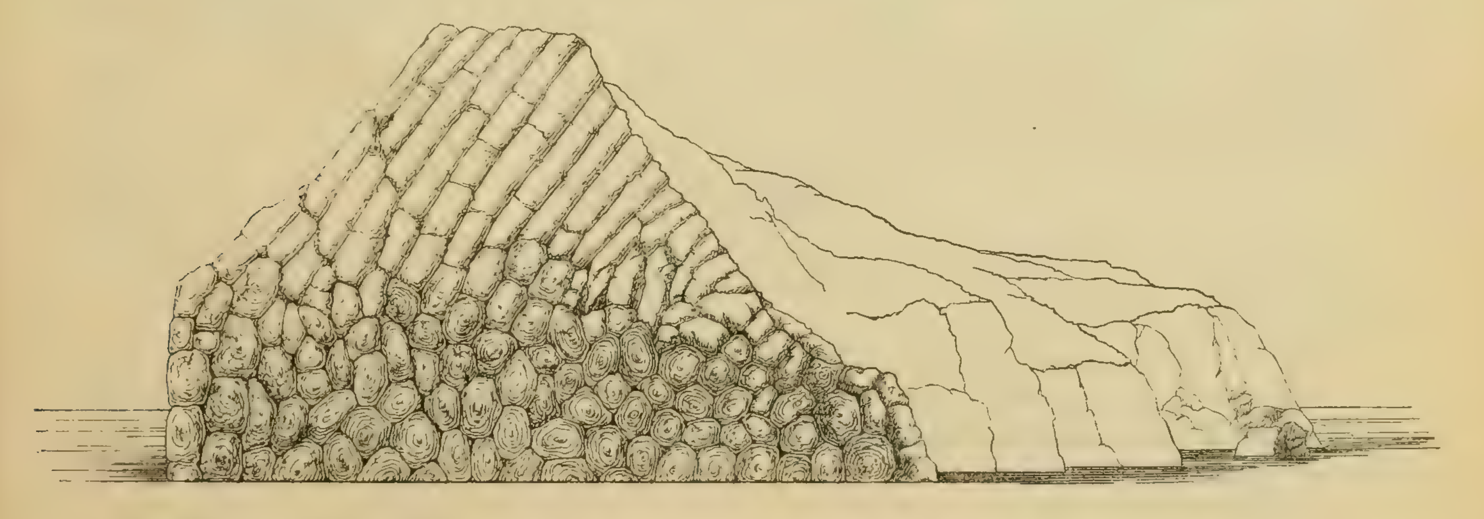
Auf Palmarola zeigen uns der Trachyt, sowie auch der Lithoidit ebenfalls sehr schön diese Absonderung.

Der Rhyolith von Ponza ist sehr deutlich in fünfseitige kurze Säulen von 2—3 Dm. Durchmesser gegliedert; diese Absonderung ist fast überall, wo die Gänge aufgeschlossen sind, zu beobachten; unter denen, welche sie am schönsten zeigen, sind die Gänge von Chiaja di Luna, der Gang vom Campo inglese gegen die Cala del Inferno; am wenigsten deutlich zeigt sich das Phänomen bei dem dritten Gang von Chiaja di Luna.

Der La Guardia-Trachyt zeigt eine Absonderung in circa $1/2$ M. dicke, sehr lange Säulen, oft mehrere Meter lang; besonders schön ist sie am Bagno Vecchio und an der Punta della Guardia zu beobachten. Auf den beiden Inseln Scoglio Calzone del Muto, besonders an der nördlicheren, ist der La Guardia-Trachyt in sehr schöne Kugeln abgesondert; diese Absonderung fiel schon Hamilton [1] auf, der das Gestein als kugelförmigen Basalt bezeichnete.

Der Felsen ist circa 20 M. hoch, an andern Stellen zeigt er eine, allerdings nicht sehr deutliche Absonderung in dicke Säulen; dieses ist die erste Ursache der kugelförmigen Absonderung gewesen, indem durch zwei Systeme der säulenförmigen Absonderung eine parallelopipedische Absonderung entstand, welche durch verschiedene Einflüsse der Verwitterung, der Meeresbrandung etc. die Ursache der kugelförmigen Absonderung war; wir geben hier eine kleine Skizze des Vorkommens, welches die Beschreibung erläutert.

Kugelförmige Absonderung des Trachyts an der Insel Scoglio Calzone del Muto.

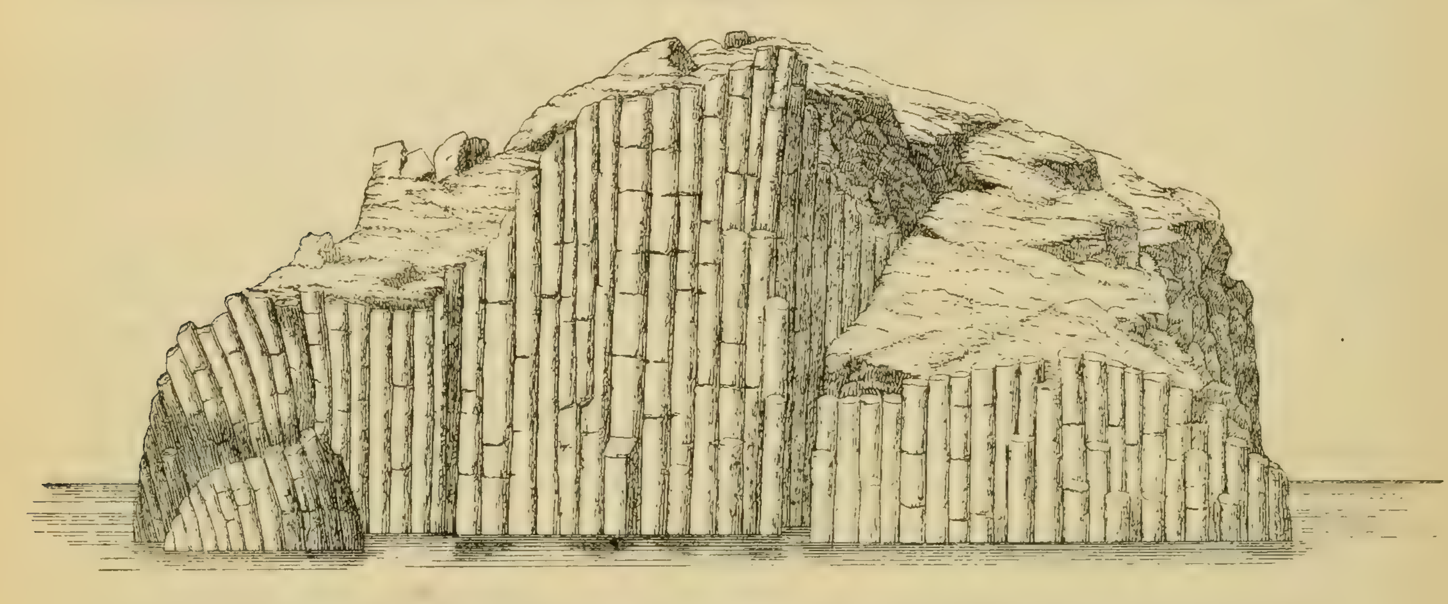


[1] Beschreibung einer Reise in der Provinz Abruzzo und nach den Ponza-Inseln, p. 10.

Fast sämmtliche Trachytgänge Palmarola's zeigen sehr schön die säulenförmige Absonderung, es sind mehr oder weniger lange, dicke, oft gewundene Säulen; welche besonders an der einen der zwei Inseln Li due Fratelli gut zu beobachten ist.

Fast noch übertroffen an Schönheit und Grossartigkeit werden diese Beispiele von dem Lithoidit, der insbesondere an der Nordseite sehr imposante Absonderungserscheinungen zeigt, welche mit Recht nach Scrope den schönsten Vorkommen, wie die Fingalshöhle, zur Seite zu stellen sind; wir geben hier eine vom Meere aus gemachte Skizze derselben:

Säulenförmige Absonderung des Lithoidits an dem Nordabhange des Berges Tramontana auf Palmarola.



Dasselbe Gestein zeigt an dem West- und Südabhang der Punta della Tramontana an vielen Stellen eine plattenförmige Absonderung und dünne schieferige Platten, welche oft innerhalb der Säulen auftritt.

Der Pechstein ist nur sehr selten abgesondert, wenn die Absonderung aber sich einstellt, so ist es stets die kugelförmige.

Das schönste Beispiel davon, verbunden mit concentrisch-schaliger Structur, findet sich bei Chiaja di Luna; P. Scrope bildet sie in seiner erwähnten Arbeit[1] ab; obgleich nun jenes Bild nicht mehr ganz der Wirklichkeit entspricht, indem das Vorkommen viel kleiner ist, als man nach jener Skizze annehmen sollte, so gibt es uns doch eine genügende Vorstellung desselben.

Auch an einigen andern Punkten, so am Abhang von Tre Venti gegen Südwesten, findet sich eine ähnliche Absonderung, aber in weit geringerem Masse.

Der geologische Bau der Insel.

Wir werden hier den geologischen Bau der Insel in derselben Reihenfolge besprechen, welche wir bei Gelegenheit der Betrachtung der topographischen Verhältnisse der Insel innegehalten haben.

Der Monte La Guardia.

Die Unterlage dieses Berges besteht aus der Trachytbreccie, die Hauptmasse jedoch wird von dem Strome des Sanidin-Plagioklas-Trachytes gebildet, den wir seines eigenthümlichen Habitus halber als La Guardia-Trachyt bezeichnet haben; einen Gang scheinen jedoch die Inseln Scoglio Calzone del Muto und die Punta della Guardia zu bilden.

---

[1] Taf. IV, Fig. 5.

Die Mächtigkeit des Stromes ist eine sehr bedeutende; der Gang jedoch erscheint in seinem jetzigen Zustande nur wenig mächtig.

An den Abhängen des Monte La Guardia finden wir überall die Trachytbreccie, die an manchen Stellen deutlich überlagert wird von dem Trachyt; über dieser Breccie liegt am Südostabhang der geschichtete Tuff in einer bedeutenden Mächtigkeit, ebenso am Nordwestabhang gegen die Chiaja di Luna zu. Am Südabhang findet sich kein solcher Tuff mehr, dagegen lagert hier über der Breccie der rothe Tuff in der Mächtigkeit von circa 10′.

Wir werden einige Touren beschreiben, wodurch die geologische Beschaffenheit dieses Theiles am besten zu erkennen ist.

Von Ponza auf die Spitze des Monte La Guardia und zurück nach Chiaja di Luna.

Von Ponza selbst führt der Weg zuerst über Trachytbreccie, hierauf verquert man den ersten Lithoiditgang, den wir später näher beschreiben werden, dann findet man wieder Trachytbreccie, welche allenthalben durch Gerölle bedeckt wird; schon an den Abhängen oberhalb der letzten Häuser Ponza's findet man die Breccie überdeckt von dem erdigen Tuff, er ist an dieser Stelle etwas consistenter; geht man weiter den Berg aufwärts, so kommt man auf eine kleine Hochebene, i Scotti genannt, hier stehen die Tuffe an, weiter aufwärts tritt dann der Andesit auf; die dichte rauchgraue bis blaugraue Grundmasse desselben zeigt nur wenig Ausscheidungen, Feldspath und selten Hornblendenadeln; dieses Gestein findet sich überall auf der Höhe des Berges. Wenn man nun wieder herabsteigt gegen Nordwesten, so passirt man einen ziemlich steilen Abhang gegen Chiaja di Luna, der mit zahlreichen Trümmern des La Guardia-Trachytes bedeckt ist; weiter unten findet man den geschichteten Tuff anstehend in bedeutender Mächtigkeit; er enthält zahlreiche Bruchstücke von Andesit, welcher in einer vorwiegenden schwarzgrauen Grundmasse ziemlich viel Feldspathkrystalle und Hornblendesäulen enthält. Bald darauf gelangen wir in das Gebiet der Trachytbreccie mit den Rhyolithgängen.

Von Ponza zur See zu der Punta del Fieno.

Aus dem Hafen führt uns der Weg längs der Nordküste jener nach Osten gestreckten Halbinsel, die mit der Punta della Madonna endigt; das Hauptgestein ist Trachytbreccie, dazwischen sieht man hin und wieder einige Schollen von Rhyolith, Überreste von Gängen. Die Punta della Madonna selbst besteht aus Pechsteinbreccie, zum grössten Theil von gelber Farbe; die Südküste der erwähnten Halbinsel besteht aus Breccie und Rhyolith, worauf in geringer Mächtigkeit Tuffschichten ruhen.

Wenn wir nun allmählig an der Südostküste des Monte La Guardia vordringen, sehen wir die Trachytbrecciendecke allmählig gegen den Meeresspiegel sich neigen, während die am ganzen Südostabhang vorkommenden Tuffschichten mächtiger werden.

Wir gelangen nun in den engen Canal zwischen dem Festlande und den Inseln Scoglio Calzone del Muto. Letztere bestehen aus Sanidin-Plagioklas-Trachyt. Der grössere dieser Felsen ist circa 20 M. hoch und 100 M. lang, an seinem nordwestlichen Abhang findet sich jene ausgezeichnete kugelförmige Absonderung, die wir früher geschildert haben; sehr merkwürdig ist aber das Gestein selbst. Ich landete behufs der Untersuchung am Südwestabhang, so ziemlich dem einzigen zugänglichen Punkte.

Das Gestein, welches auf der Höhe vorkommt, ist von dem unteren, so weit die Brandung reicht, verschieden. Ersteres ist ein grünlichgraues porphyrartiges Gestein mit vorwiegender Grundmasse und grösseren von der Grundmasse eingeschlossenen Sanidinen. Gegen das Meer zu ist das Gestein ausgehöhlt, und es zeigen sich herausgewitterte freistehende Sanidine von verschiedenen Dimensionen tafelförmig ausgebildet, die beschriebene Krystallform zeigend.

Die Grundmasse ist feinkörnig zersetzt, oft zerreiblich, an manchen Stellen ist das Gestein durch und durch gelöchert und zeigt in den Hohlräumen zahlreiche, noch frische grosse Sanidinkrystalle; Hornblende dagegen ist nirgends sichtbar.

Diese eigenthümliche Zersetzung des Gesteines, welche die Grundmasse wegführte und nur die Sanidinkrystalle unberührt liess, reicht nur soweit als die Brandung wirken kann; dieselbe ist also durch die mecha-

nische und chemische Wirkung des Meereswassers hervorgebracht worden, welcher der Sanidin viel mehr zu widerstehen vermochte, als die Grundmasse.

Wenn wir den erwähnten schmalen Canal passiren, finden wir uns bald vor einer hohen Wand von geschichtetem Tuff, in welcher Höhlungen gearbeitet sind; es diente diese Localität früher als Bad und führt den Namen Bagno Vecchio.

Diese Localität ist deshalb merkwürdig, weil dort sich eine grössere Zahl von Mineralaggregaten finden, wie sie an dem Monte Somma vorzukommen pflegen.

Das Vorkommen dieser Mineralien — bisher ungeachtet — bedarf einer Erörterung. Da ich schon durch einige Stücke derselben, welche im Universitätsmuseum zu Neapel in einer von Pilla gesammelten Suite sich finden, darauf aufmerksam gemacht worden war, so konnte ich denselben mehr Beachtung schenken.

Es sind dies:

Bruchstücke eines rothbraunen, porösen Trachyts mit Sanidinausscheidungen.

Bruchstücke aus grünem Glimmer und Augit in derben Massen.

Bruchstücke von Sanidinmassen, ganz so wie sie an der Somma vorkommen, mit Einschlüssen von Hornblende, Augit, Eisenglanz etc. In Drüsensäumen findet man Krystalle von Sanidin, Anorthit etc.

Es lassen sich über das Vorkommen verschiedene Hypothesen aufstellen, welche wir hier besprechen werden.

1. Die Stücke sind von Menschenhänden an den betreffenden Ort gebracht worden.
2. Dieselben sind durch das Meer hingeführt worden.
3. Die Bruchstücke sind direct dort ausgeworfen worden.

Erstere Hypothese würde vielleicht die wahrscheinlichste sein, wenn nicht der Zustand der betreffenden Stücke meist dagegen sprechen würde. In der That könnte man vielleicht glauben, dass sie als Bausteine oder als Ballast aus Neapel hergebracht wurden, jedoch würde man dazu wohl grössere und schwerere Steine ausgewählt haben, und dürften sich dieselben wohl an anderen Theilen der Insel, z. B. am Hafen selbst finden, was nicht der Fall ist.

Die zweite Hypothese hat auch ihre Wahrscheinlichkeit, denn es scheint durchaus nicht ausserhalb dem Bereiche der Möglichkeit, dass dieselben — besonders weil sie nicht sehr gross sind — durch Meeresströmungen auf die Insel gebracht wurden.

Da jedoch die beiden Hypothesen nicht ganz befriedigen, so muss auch die letztere in Betracht gezogen werden.

Auf Ventotene finden sich ähnliche Gesteine und Mineralien, jedoch daselbst nicht nur lose, sondern auch im Tuff; es könnten also vielleicht die Bruchstücke Auswürflinge des dortigen Vulkans sein, was nicht unmöglich erscheint, oder auch von Ventotene hierher getragen worden sein.

Dass dieselben direct dort emporgekommen sein sollen, scheint mir nicht wahrscheinlich, jedenfalls müsste dann dieses Vorkommen viel später entstanden sein, als die übrigen Bildungen Ponza's.

Ich glaube, nachdem ich das Vorkommen geschildert und die Möglichkeiten seiner Entstehung besprochen habe, nicht länger dabei verweilen zu müssen.

Wir setzen nun unsere Wanderung an der Küste fort: unmittelbar südlich vom Bagno Vecchio beginnt der La Guardia-Trachyt, der geschichtete Tuff verschwindet.

Das Gestein, das wir hier treffen, hat eine lichtgraue Farbe, die Feldspathe sind nicht sehr gross, es zeigt dichte Structur, die Grundmasse ist vorherrschend, das Gestein ist meist frisch; unter dem Mikroskop zeigt es ziemlich viel Plagioklas, Hornblende, Augit und Magnetit.

Wir gelangen hierauf an die Punta della Guardia; dieselbe besteht aus sehr schönem, säulenförmig abgesondertem Trachyt, der mit der Hauptmasse des Monte La Guardia nicht zusammen hängt. Zwischen dem Trachytmassiv und der Halbinsel findet sich eine breite Scholle von Trachytbreccie, Contactproducte wie sie

an den Rändern der Lithoiditgänge vorzukommen pflegen, konnte ich nicht beobachten, obgleich auch einige der Einschlüsse von porösem Trachyt den Anfang der Umbildung zu Pechstein zeigen.

Über der Breccie, die ungefähr 50′ über den Meeresspiegel hinausreicht, liegt der rothe Tuff in einer Mächtigkeit von 8—12′; derselbe ist auch schon an der Südostküste sichtbar; Trümmer von Trachyt bedecken weithin die Gegend.

Die Trachytbreccie, welche wir nun an der Südwestküste als schmalen Streifen fortwährend verfolgen, hat überall nur eine geringe Mächtigkeit und wird von dem La Guardia-Trachyt überlagert, über ihr liegt überall der rothe Tuff. Das Gestein selbst ist frisch, porphyrartig ausgebildet; die dunkelgraue bis dunkelgrüne feinkörnige Grundmasse enthält zahlreiche bis 9 Mm. lange Feldspathkrystalle, zum grossen Theil als Sanidine zu erkennen, und Hornblendesäulen in nicht geringer Anzahl.

Ungefähr in der Mitte zwischen der Punta del Fieno und der Punta della Guardia finden wir ein Vorkommen von Lithoidit; es ist schwer zu ersehen, in welcher Richtung der Gang fortsetzt, jedoch scheint es sehr unwahrscheinlich, dass er die Masse des La Guardia-Trachytes durchsetzt.

Die weitere Strecke der Küste bis zur Punta del Fieno zeigt uns wieder die Trachytbreccie als schmalen Streifen und darüber rothen Tuff; aus ersterem Gesteine besteht auch die Punta del Fieno selbst, jedoch ist sie weithin von grossen Geröllmassen von Trachyt überlagert.

Der mittlere Theil der Insel.

Wir haben bereits in dem topographischen Theile die Begrenzung des Gebietes angegeben, wir werden nun zuerst das Gebiet des ersten Eruptionscentrums, des Hafens von Ponza, dann das des zweiten der Cala del Inferno betrachten.

Das Gebiet des ersten Eruptionscentrums.

Der Bau dieses Gebietes ist folgender: Als ältestes Glied tritt das Trachytbreccien-Massiv auf; dieses wird durch zahlreiche Rhyolithgänge durchbrochen; am Contact treten Saalbänder von Pechstein, seltener von perlitischen Gesteinen auf.

Aufschlüsse, welche über den Bau genügende Daten zu erkennen geben, sind fast nur an den Küsten zu finden. Im Innern jedoch ist die Beobachtung sehr schwer; einer der besten Aufschlüsse findet sich an der Chiaja di Luna an der Westküste, weniger deutlich sind die Verhältnisse an dem Hafen von Ponza, wo ausserdem die Culturanlagen die Beobachtung häufig hindern.

Der südlichste Gang (abgesehen von dem früher erwähnten, der an dem Südwestabhang des Monte La Guardia zu sehen ist) zieht von der Punta della Madonna in der Richtung gegen SW. bis zum NW.-Abhang des Monte La Guardia fast bis zur Punta del Fieno. An der Ostküste ist er längs der früher erwähnten kleinen Halbinsel aufgeschlossen und lässt sich weiterhin hinter den Häusern Ponza's deutlich gegen Westen verfolgen; seine Mächtigkeit ist eine ziemlich beträchtliche.

An der Chiaja di Luna ist er ebenfalls sehr schön aufgeschlossen, er sendet, wie man daselbst beobachten kann, Apophysen in die Trachytbreccie. Der La Guardia-Trachyt wird nicht von diesem Gange durchbrochen, sondern überlagert ihn.

Über dem Rhyolith und der Trachytbreccie liegt am Nordwestabhang des Monte La Guardia der geschichtete Tuff, wie er auch an der Südostküste des genannten Berges vorkommt. Der Gang hat ziemlich bedeutende Umwandlungen der Trachytbreccie in grünen Pechstein, grüne und gelbe Pechsteinbreccie hervorgebracht.

Dieser Gang scheint nicht ganz direct aus dem Eruptionscentrum entstanden zu sein, sondern dürfte derselbe excentrisch in südöstlicher Richtung vom eigentlichen Hafen emporgedrungen sein. Dass sein Verlauf in der ersten Strecke mehr gegen Südwesten ist, ist aus der Karte ersichtlich.

Der zweite Rhyolithgang findet sich schon innerhalb des Hafens von Ponza. Der östlichste Punkt findet sich in der Nähe der Kaserne von Ponza; einzelne Schollen finden sich noch in der Nähe des Leuchtthurms

gegen die Punta della Madonna zu; obgleich es auch möglich wäre, dass dieselben Bruchstücke sind, die einer anderen Eruption angehören. Weiterhin ist der Gang wieder an dem ersten Vorsprung im Hafen, bei dem Eingange in die Spiaggia S. Antonio sichtbar. Von dort aus lässt er sich auf der Höhe des Rückens eine Strecke weit gegen Westen verfolgen, ist später aber nicht mehr deutlich aufgeschlossen und ist erst wieder an der Westküste sichtbar.

Die Mächtigkeit dieses Ganges beträgt im Durchschnitt 11 M.; auch bei diesem Gange bemerken wir einige Apophysen. Die Umwandlungen der Breccie sind sehr deutlich und schön aufgeschlossen, besonders an der Chiaja di Luna; wir kommen später darauf zurück.

Der nächste Gang verfolgt so ziemlich die Richtung O.—W.; es ist der kürzeste unter allen Gängen; er bricht an der Landzunge durch, welche die Spiaggia di San Antonio von der Spiaggia di Giancasso trennt. Seine ursprüngliche Richtung scheint zuerst etwas gegen Norden geneigt, wendet sich aber bald gegen Westen; die Mächtigkeit beträgt ungefähr 10 M.; er ist auf der Höhe bedeutend breiter als an der Basis. Die Umwandlungen der Breccie in gelben Pechstein und Pechsteinbreccie sind nicht so bedeutend, wie bei den übrigen Gängen.

Der vierte Gang ist an der Ostküste nicht gut sichtbar, man erkennt nur einige Schollen; auch lassen die Häuser, welche an der Spiaggia di Giancosso an den Abhang gebaut sind, sein Auftreten nicht leicht beobachten, deutlicher sieht man die hier sehr mächtigen Saalbänder von Pechsteinbreccie.

Man findet den Gang wieder auf der Höhe, auf dem Wege gegen das Capo Bianco zu; sehr deutlich erscheint er an Chiaja di Luna, wo er den Nordabhang zusammensetzt; er endet südöstlich vom Capo Bianco; seine Richtung ist von OSO. nach NNW.

Der nächste Gang wendet sich noch mehr gegen Norden; wir finden seine Anfänge an der kleinen Landzunge an der Spiaggia di Giancosso, wo er mehr gegen Westen sich richtet; später aber ändert sich sein Verlauf, er nimmt die Richtung gegen NW. an; obgleich das Thal von Vitiello südwärts die genaue Verfolgung durch Schuttmassen verhindert, so scheint mir kein Zweifel zu sein, dass der Ciglio die Fortsetzung des Ganges sei; dieser Gang ist bedeutend mächtiger und zeichnet sich durch stromartiges Überfluthen ganz besonders aus. So ist derselbe auch nicht bis zur Westküste ganz zu verfolgen; nur ein Strom, der vom Ciglio gegen das Capo bianco geflossen ist, dringt bis dahin vor, ein anderer kleiner Strom befindet sich mehr am Südabhang des Ciglio del Guarniero.

Am Westabhang dieses Berges überfliesst er die Trachytbreccie, und zeigen sich am Contacte Perlitbildungen. An vielen anderen Punkten beobachtet man Pechsteine.

Ein weiterer Gang, der sechste, zeigt sich an jenem kleinen Vorgebirge, welches die Marina di Santa Maria bildet; seine Richtung ist anfänglich gegen WNW., später aber noch deutlicher gegen NW.; derselbe ist in seinem Laufe viel schwieriger zu verfolgen, als die bisher beobachteten, da derselbe schon eine beträchtliche Länge hat.

An der Ostküste ist derselbe durch ein von Süd nach Nord gerichtetes Tunnel deutlich aufgeschlossen, er zeigt daselbst eine regelmässige Absonderung in kleine, dicke Säulen; er hält sich zum grössten Theil links von der Hauptstrasse, wendet sich dann mehr gegen den Monte tre Venti zu, und ist zwischen den auf der Karte angegebenen Thälern deutlich zu verfolgen.

Er bildet dann einen Hügel zwischen dem Ciglio del Guarniero und dem Monte tre Venti, dessen Namen mir leider unbekannt blieb; bis dorthin lässt sich der Gang gut verfolgen, weiterhin ist dies wegen den Schuttmassen viel schwieriger; erst in der Nähe der Westküste wird er wieder sichtbar, seine Mächtigkeit ist da wieder ungefähr dieselbe wie an der Ostküste.

Der siebente Gang des ersten Eruptionscentrums bildet an der Ostküste die Punta Santa Maria, er ist dort sehr mächtig und zeigt breite Saalbänder; das Gestein ist säulenförmig abgesondert; die erste Strecke ist gegen NW. gerichtet. Bei Vitiello ist er nur schwer zu verfolgen, erst am Monte tre Venti tritt er wieder deutlich hervor, dann ist er wieder in dem Thale, welches nördlich vom Monte tre Venti gegen Westen fliesst sichtbar; und hierauf wieder an der Westküste selbst.

Ein weiterer Gang findet sich nördlich von der Punta di S. Maria, er ist sehr mächtig und bildet eine Reihe von Hügeln, die in der Richtung NNW ziehen. Er ist gut bis zum Monte Core zu verfolgen, dort aber ist die Unterscheidung der Gänge des ersten Systems von denen des zweiten sehr schwierig. Jedoch ist dieser Gang noch gut zur Westküste zu verfolgen; viel schwieriger ist dies der Fall für den nächsten und letzten Gang des ersten Eruptionscentrums, es scheint fast, als ob derselbe mit demselben zusammenhinge und nur ein Arm des ersteren wäre, was sich jedoch wegen der schwierigen topographischen Verhältnisse an der Cala del Frontone schwer erkennen lässt.

Das Gebiet des zweiten Eruptionscentrums.

Der erste Gang, den wir als zum zweiten Eruptionscentrum angehörig betrachten müssen, streicht gegen Westen mit einer geringen Neigung nach Süden, er ist an der Marina del Frontone sichtbar, seinen weiteren Verlauf jedoch konnte ich nicht verfolgen, er sendet gegen Süden eine stromartige Apophyse aus.

Der zweite Gang verfolgt ziemlich genau die Richtung O.—W. Er bildet den breiten und hohen Rücken des Monte Core; die Umwandlungen in Pechstein und Pechsteinbreccie, die derselbe hervorbringt, sind sehr deutlich aufgeschlossen und ziemlich weit gehend. Dieser Gang lässt sich bis zur Westküste verfolgen: ich schätze seine Mächtigkeit auf 25 bis 30 M.

Noch mächtiger ist der dritte Gang, der gegen WSW. von der Cala del Inferno aus zieht, und einen hohen Gebirgsrücken, den Monte del Campo inglese bildet, an dessen Nordwestabhang die Hauptstrasse nach dem Dorfe Forneti geht.

Ein weiterer kleiner Gang ist an der Cala del Inferno aufgeschlossen, er zieht gegen WNW.; in der Richtung nach N. geht ein kleiner, wenig mächtiger Gang, der sich nur eine kurze Strecke weit verfolgen lässt, und nur an der Cala del Inferno aufgeschlossen ist.

Ein sehr bedeutender Rhyolithgang zieht gegen NO. von der Cala del Inferno bis zur Cala Gaetano und bildet den hohen, steil gegen das Meer abfallenden Monte Schiavone; er ist fast in der Verlängerung des Ganges vom Monte del Campo inglese, jedoch halte ich nicht dafür, dass es wirklich derselbe Gang sei, wofür auch der Umstand spricht, dass der Gang des Monte Schiavone geneigt ist, und zwar um circa 70° gegen Osten, während der vom Campo inglese senkrecht ist.

Noch wäre eine Scholle von Rhyolith an der Punta Nera zu erwähnen, sowie auch ein Gang an der nordöstlichen Spitze der Insel, an der Punta del Incenso.

Wir werden nun einige von uns ausgeführte Touren im Detail beschreiben.

Von dem Hauptort Ponza nach Chiaja di Luna.

Dem Hafen entlang gehend, führt uns der Weg vorüber an Massen von Trachytbreccie, wo wir den zweiten unserer Rhyolithgänge aufgeschlossen sehen; wir steigen dort auf die Höhe des kleinen Rückens. Der Weg biegt gegen Süden ein und verdeckt uns wieder durch Schuttmasse den Rhyolith; zu unserer linken erhebt sich in sanftem Gehänge der Monte La Guardia, während wir selbst in einem breiten Thale fortschreiten; bald sind wir am Endpunkte desselben angelangt, und der Weg führt uns durch ein Tunnel zur Westküste; in diesem bieten sich uns mancherlei Aufschlüsse, obgleich die Beobachtung vielfach durch den Mangel an Beleuchtung, sowie auch durch die Bekleidung der Wände mit Mörtel erschwert wird.

Zuerst finden wir Bimssteinbreccie, hierauf verschiedene Schollen von porphyrartig ausgebildetem grünen Pechstein und bald den säulenförmig abgesonderten, noch ziemlich frischen Rhyolith, hierauf führt uns der Weg wieder über Trachytbreccie und grünen Pechstein; es ist dies eine grosse Scholle, welche durch eine Apophyse des Ganges von den übrigen Massen getrennt wird; endlich finden wir wieder den Rhyolithgang, in welchem wir bis zum Meere fortschreiten.

Wir werden nun zur bildlichen Darstellung des früher Gesagten das Profil erläutern, das wir im Boote unweit der Punta del Fieno aufgenommen, und das auf Taf. IV dargestellt ist.

Wir gehen von dem nördlichsten Punkte gegen Süden; dieser nördlichste Punkt wird von dem aus Trachytbreccie bestehenden Capo bianco gebildet, so genannt wegen der blendend weissen Farbe des Gesteines.

In der kleinen Bucht, welche südlich vom Capo bianco liegt, sehen wir auf der Höhe über der Breccie Rhyolith liegen, es ist dies der Strom vom Ciglio del Guarniero.

Am Nordrande des Golfes von Chiaja di Luna sehen wir Rhyolith. Es ist dies der vierte der beschriebenen Gänge; zahlreiche Schollen von Pechstein und Pechsteinbreccie sind an den verschiedenen Contactstellen mit der Trachytbreccie nachzuweisen. Hierauf folgt eine Wand von Trachytbreccie, über welcher in geringer Mächtigkeit die braunen Tuffschichten lagern.

Dieser folgt ein verticaler Rhyolithgang mit schmalen Saalbändern von gelbem Pechstein.

Ein zweiter Gang tritt nur wenige Meter von jenem entfernt auf; derselbe ist circa 75° gegen Süden zur Horizontalen geneigt. Die Umwandlungen in Pechsteinbreccie und gelben Pechstein sind hier unregelmässig und erstrecken sich auf grosse Entfernungen; noch mehr ist dies bei dem dritten Gang der Fall, welcher auch zahlreiche Apophysen zeigt. Auf der linken Seite hat sich am Contact schwarzgrüner Pechstein gebildet, welcher eine eigenthümliche Absonderung, nämlich die schaalig-concentrische zeigt; das Vorkommen, welches nur eine geringe Mächtigkeit hat, wurde von P. Scrope abgebildet [1]. Auf der rechten Seite beobachtet man gelben Pechstein, hierauf Pechsteinbreccie, dann wieder Pechstein, welcher als Saalband einer kleineren Apophyse auftritt. Rechts von diesem eben beschriebenen Vorkommen erhebt sich der steile Abhang des Monte La Guardia. Zu unterst sieht man die grosse Decke von Trachytbreccie mit dem Lithoiditgange und Pechsteinen. Darüber in bedeutender Mächtigkeit der geschichtete Tuff.

Wenn wir unsern Rückweg üder die Höhe von Chiaja di Luna nehmen, welche wir auf einem kleinen Steig, der uns durch die Pechsteine führt, erreichen, finden wir die eben beschriebenen Aufschlüsse wieder; wir wenden uns dann gegen Norden, wo wir überall nur Breccienbildungen sehen, bis zu dem Punkte, wo der Weg vom Ciglio del Guarniero nach Giancosso führt; wir kommen hier wieder auf den vierten unserer Gänge; auf der Höhe ist er jedoch durch den braunen Sandstein verdeckt; derselbe bedeckt fast sämmtliche Bildungen, hat jedoch nur eine geringe Mächtigkeit.

Von Ponza nach dem Monte tre Venti und dem Ciglio del Guarniero.

Von Ponza führt uns dem Strande entlang die Hauptstrasse, welche durch die ganze Insel führt, zuerst nach Santa Maria; wir sehen auf diesem Wege die ganze Reihe der Rhyolithgänge, welche wir soeben an einem anderen Punkte, bei Chiaja di Luna beobachtet haben; ehe wir zu dem Thal von Santa Maria gelangen, kommen wir noch durch ein Tunnel, welches den schön abgesonderten Rhyolith erkennen lässt; im Thal selbst ist eigentlich kein Aufschluss sichtbar; erst bei dem Dorfe Vitiello sehen wir die Trachytbreccie wieder anstehen mit zahlreichen Einschlüssen des porösen Trachyts; links vom Wege erhebt sich die Hügelkette vom Ciglio-Tre Venti einen Halbkreis bildend, welche uns bei näherer Untersuchung die Rhyolithgänge zwischen den Massen von Trachytbreccie zeigt.

Wenn man von Vitiello links den Abhang gegen Tre Venti hinauf geht, findet man schöne Aufschlüsse von gelber Pechsteinbreccie und dichterem porphyrartigen Pechstein von ähnlicher Farbe. Die Umwandlung der Trachytbreccie ist hier weithin sichtbar; meistens ist das Bindemittel nicht verändert, während die Einschlüsse aus schönem, honiggelben, dichten oder durch Sanidin porphyrartigen Pechsteine bestehen; derselbe ist zum grossen Theil aus Glasmasse zusammengesetzt, wie die mikroskopische Untersuchung zeigt.

Der Gang, welcher von der Punta di Santa Maria ausgeht, ist sehr deutlich zu verfolgen, wenn man von der Ortschaft Santa Maria aus auf der Höhe einen mit *Agave americanum* bepflanzten Weg einschlägt; dagegen ist er an der Hauptstrasse nach dem Monte Tre Venti nur schlecht zu erkennen; auch scheint er gerade an jener Stelle sich gewissermassen zu verengen, um erst später sich mehr auszubreiten, was bei den stromartigen Überfluthen dieses Ganges erklärlich ist.

[1] Taf. IV, Fig. 5.

Oberhalb Vitiello macht die Strasse einen Bogen, dessen Concavität nach Osten gerichtet ist; zu unserer Rechten sehen wir eine Hügelkette, welche gegen NNO. zieht, und die aus einem Rhyolithgange mit Pechsteinsaalbändern, während der Abhang gegen die Strasse aus Trachytbreccie besteht. Auf der Höhe der Strasse, dort wo dieselbe einen zweiten entgegengesetzten Bogen macht, finden wir wieder Trachytbreccie, welche stellenweise durch gänzliches Zurücktreten der Einschlüsse zum wirklichen Tuff wird.

Wir verlassen nun die Hauptstrasse, um am Abhange des Monte Tre Venti gegen das von O. nach W. fliessende Thal entlang zu gehen; wir finden hier überall Rhyolith, der hier von weissgelber Farbe und sehr zersetzt ist. Gegen das Meer zu finden wir wieder Trachytbreccie; wir wenden uns dem Ufer nachgehend gegen Süden und gelangen bald an einen Rhyolithgang, der nach meiner Ansicht nur die Fortsetzung des Ganges (6) sein kann. Wenn wir weiter fortschreiten, kommen wir zu einer grünen Pechsteinbreccie, welche einer näheren Beschreibung werth ist; dieselbe besteht aus einem meist feinen, nicht sehr consistenten Bindemittel mit Einschlüssen von grünem Pechstein, welcher zumeist die schaalig-concentrische Absonderung zeigt, ähnlich darin jenem an Chiaja di Luna vorkommenden, welchen wir erwähnt haben. Das Gestein, welches vorwiegend glasiger Natur ist, enthält häufig kleine, porphyrartig eingesprengte Sanidinkrystalle.

Wenn man anstatt den Hügelabhang entlang zu gehen, auf der Höhe sich bewegt, kann man ebenfalls die Gänge beobachten, zwischen denen sich kleine Schollen von Breccie finden.

Zu erwähnen ist noch, dass am Contact zwischen den Rhyolithgängen des Ciglio und des nördlich davon liegenden Hügels und der Brecciemassen sich ein perlitisches Gestein gebildet hat; es ist von mehr oder weniger ausgeprägtem perlitischen Gefüge und so verwittert, dass es beim Anschlagen mit dem Hammer zu Gruss zerfällt.

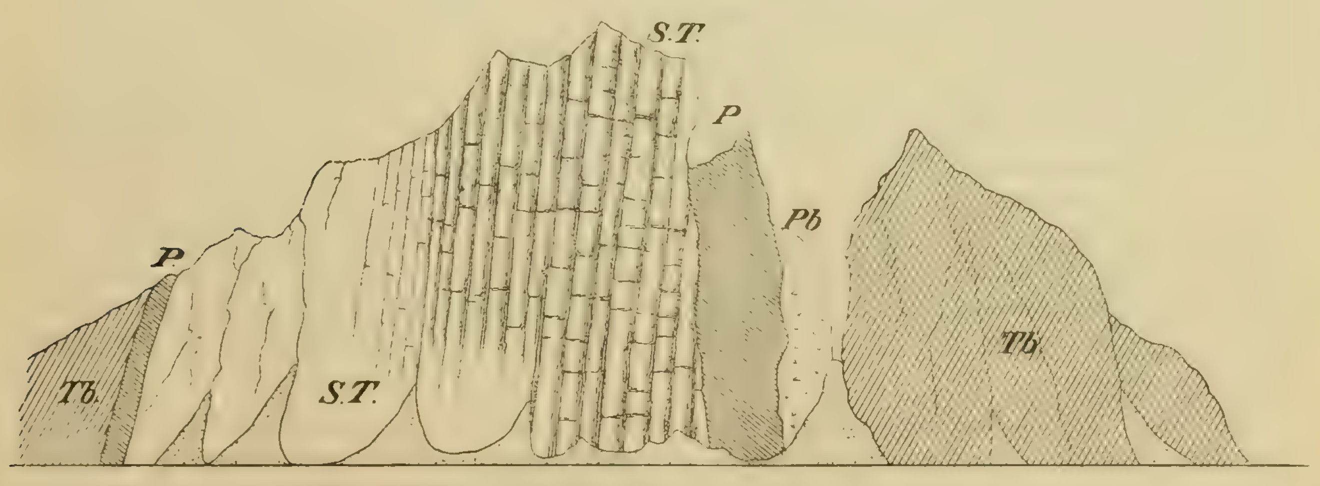
Auf der Höhe des Ciglio del Guarniero angelangt, wenden wir uns gegen Westen; wir finden am Abhange wieder den Perlit. Den Sattel, der ebenfalls aus Trachytbreccie besteht, überschreitend, klimmen wir nun den steilen Abhang des Montagniello hinauf. Auch dort finden wir Breccie mit Einschlüssen von Perlit. Auf der Höhe finden wir das trachytische Gestein.

Der Montagniello selbst besteht aus einem Gange des beschriebenen Sanidin-Biotit-Trachytes, welcher an den Rändern im Contact mit der Trachytbreccie grossartige Umwandlungen hervorgebracht hat, die wir als Pechstein, Pechsteinbreccie und Perlit wieder finden.

Der Gang streicht gegen ONO.; wir geben hier das vom Boote aus gewonnene Profil. Es zeigt uns folgende Reihenfolge: Trachytbreccie, Pechstein, Sanidintrachyt, schwarzen Pechstein, gelbe Pechsteinbreccie, Trachytbreccie.

Beiliegende Ansicht dient zur Veranschaulichung der Verhältnisse.

Abhang des Montagniello gegen das Meer.



ST Sanidin-Biotit-Trachyt. *Tb* Trachytbreccie. *P* Pechstein. *Pb* Pechsteinbreccie.

Perlit findet sich also auf dem gegen das Meer sich senkenden Abhang nicht; dagegen an der Ostseite des Berges, so dass wir in nicht bedeutender Entfernung einerseits Perlit, andererseits Pechstein durch Umwandlung von Trachytbreccie gebildet sehen; welche Umstände den Unterschied in der Structur hervorgerufen, bleibt vorläufig noch unklar.

Wir steigen nun von der Jochhöhe herab gegen Süden, zwischen dem Meere und dem Ciglio del Guarniero, wo wir wieder Perlit finden.

Das Gestein, das wir hier finden, ist kein reiner Perlit, fast ein Mittelding zwischen Perlit und Pechstein. Es ist ziemlich dicht, oft mit einer Anlage zur stängeligen Textur, selten zeigt es die reine Perlittextur; die Farbe ist lichtgrau, einige Partien sind dunkelgrau, verwittert, sogar blassgelb; als Mineralausscheidungen sieht man häufig Biotit.

Wenn wir unsern Weg wieder aufnehmen, so gelangen wir an eine kleine, in der Trachytbreccie befindliche Einsenkung zu unserer Rechten, während links ein kleiner Rücken vom Ciglio del Guarniero gegen das Capo bianco zieht; er besteht aus verwittertem weissgelben Rhyolith, welcher, wie wir früher schon bemerkt haben, eine stromartige Bildung ist, die vom Ciglio del Guarniero ihren Ursprung nahm. Rechts davon ist wieder ein kleiner Kessel, der sich gegen ONO., d. h. gegen Vitiello öffnet; überall ist er mit Trachytbreccie ausgefüllt, in welcher man zwei Gänge bemerkt. Auf der Höhe des Thalkessels bedeckt der braune Tuffsandstein sämmtliche übrigen Gebilde; er hat nur wenige Fuss Mächtigkeit und ist meistens sehr locker.

Vom Monte Tre Venti zu dem Campo Inglese und zu den Forneti.

Von Tre Venti aus wendet sich die Hauptstrasse im Bogen gegen NO., überall durch Tuff- und Breccienschichten führend. Erst auf der Höhe des Monte Core fangen wieder die Rhyolithgänge an; an der Strasse sind die Pechsteinbildungen sehr gut entblösst. Rechts steht Trachytbreccie an. In dem Thal zwischen Monte Core und Monte del Campo Inglese findet sich nur Breccie, während auf den Anhöhen Rhyolith ansteht.

Auf der Höhe des Campo Inglese finden wir den Gang, der von der Cala del Inferno nach SW. zieht; das Gestein desselben ist sehr deutlich an der Hauptstrasse, am NW.-Abhang, aufgeschlossen und dort in kleine, dicke Säulen abgesondert; die Pechsteinsaalbänder sind längs der Strasse nicht aufgeschlossen, nur an den Endpunkten am Fortino del Campo Inglese und an der Cala del Inferno sieht man sie deutlich; das Gestein des Ganges selbst ist von lichtgrauer oder häufiger auch violetter Farbe und zeichnet sich durch ziemliche Frischheit aus; in der Grundmasse erscheint viel Sanidin und tombackbraune Biotitblättchen; die Absonderung in Säulen ist oft ganz ausgezeichnet.

Der Landstrich zwischen der Küste und der Hauptstrasse besteht aus Trachytbreccie, die hier nicht sehr reich an Gesteinseinschlüssen ist. Das südliche Ende bildet der Monte Capo Bosco, dessen Hauptmasse aus einem sehr gebleichten Rhyolith besteht, der jedoch zum grössten Theile so zersetzt ist, dass er eine kaolinartige weiche Masse bildet, in der von Mineralausscheidungen nur noch zersetzter Biotit zu sehen ist; dieses Gestein dürfte jedoch dasselbe sein, das wir am Sattel zwischen Monte Campo Inglese finden, und welches nach unserer Ansicht einem so ziemlich von Süden nach Norden ziehenden Gange angehört, wie wir es auf der geologischen Karte Taf. I dargestellt haben. An den Rändern des Rhyoliths finden wir am Monte Capo Bosco auf beiden Seiten Bildungen von Pechstein, welche jedoch einen eigenthümlichen Habitus besitzen; alle diese Gesteine sind mehr oder weniger gebleicht, was wir einer Zersetzung durch vulcanische Dämpfe, hauptsächlich durch schwefelige Säure und Schwefelwasserstoff zuschreiben müssen; wir kommen darauf noch später zurück.

Wenn wir an der Ostküste entlang wieder gegen Süden zurückkehren, gelangen wir, den Rücken des Monte Core überschreitend, an die Bucht del Frontone. Dieselbe wird von einer im Halbkreis ziehenden Hügelkette gekrönt, in welcher mehrere Rhyolithgänge, welche auf der Höhe sich durchkreuzen, ein nicht leicht zu erklärendes Bild liefern.

Bei näherer Begehung erkennen wir zuerst einen ziemlich mächtigen, von Osten nach Westen mit geringer Neigung gegen Süden streichenden Gang, der einen stromähnlichen Arm bis an das Meer entsendet; es konnte uns nicht gelingen, die Fortsetzung dieses Ganges gegen die Westküste weiterhin zu verfolgen, vielleicht ist

derselbe nur ein Arm des Ganges vom Monte Core; mit Sicherheit liess sich dies wegen der topographischen Verhältnisse nicht entscheiden. Jedenfalls gehört dieser Gang dem zweiten Eruptionscentrum an. Das Gestein desselben ist sehr fest, hart und frisch, es enthält viel Biotit.

Ein zweiter Gang der Bucht del Frontone ist der erwähnte Gang (9) des ersten Eruptionscentrums, derselbe ist nicht am Strande zu entdecken, so dass man fast glauben könnte, er sei nur ein Theil des südlich gelegenen Ganges (8).

Der nördliche Theil der Insel.

Zweierlei Bildungen treten in diesem Theile der Insel auf; vor allem die Trachytbreccie im südlicheren Theile, Rhyolithgänge an der Ostküste und im Norden der zersetzte rhyolithische Tuff.

Gleich an der Cala del Inferno haben wir einen Rhyolithgang mit der Richtung nach Osten, ein Theil der Häuser des kleinen Dorfes Forneti steht darauf.

Vom Interesse ist der den Monte Schiavone bildende Gang, der überall sehr schön aufgeschlossen ist. Der Gang zieht in der Richtung nach NO. und ist gegen die Horizontale in einem Winkel von ungefähr 75° geneigt, die Mächtigkeit des Ganges ist ungefähr 20′; daneben finden wir Saalbänder von schwarzgrünem Pechstein, welche eine Mächtigkeit von einigen Fuss besitzen, und hierauf gelben Pechstein und Pechsteinbreccie in grösserer Ausdehnung; von hier stammen die von uns chemisch untersuchten Handstücke von Pechstein. Der Gang ist an der Oberfläche stromartig übergeflossen.

Der ganze Theil der Insel vom Monte Schiavone westlich besteht nur aus Trachytbreccie, die an manchen Orten zum Tuff wird, indem ihr Einschlüsse von Gesteinen gänzlich mangeln.

Von ganz anderer Beschaffenheit ist der nördliche Theil der Insel, er besteht aus dem Hügel Peppe Antonio und jener Hochebene, welche wir im topographischen Theile der Arbeit als Piano del Incenso bezeichnet haben.

Wie früher bei der Beschreibung der Gesteine erwähnt wurde, besteht dieser Theil der Insel aus eigenthümlich zersetztem Material, bald feiner, lockerer fast wie Asche, bald wieder dicht hart, rhyolithisch und eigenthümlich mit Kieselsäure imprägnirt.

Es ist äusserst wahrscheinlich, dass wir es hier mit verschiedenen Gebilden zu thun haben, möglich auch dass sogar Rhyolithgänge darin fortsetzen; es lässt sich dies alles wegen der eigenthümlichen Zersetzung des Materials nicht feststellen.

Diese eigenthümliche Zersetzung glaube ich nur vulcanischen Exhalationen, die wahrscheinlich die eigentliche active Periode lange überdauerten, zuschreiben zu müssen.

Es scheint dies schon Hamilton's Ansicht gewesen zu sein, wenigstens dürfte er diese Bildungen im Auge gehabt haben, als er sagt:

„An einigen Orten der Insel scheint es, dass ganze Striche die nämliche Wirkung erlitten haben, die ich in meinen vorigen Schriften erwähnt habe, und die man am stärksten an einem Orte, an der Aussenseite der Solfatara, Pisciarelli genannt, nahe bei Puzzuoli, bemerken kann, wo ein heisser schwefeliger, vitriolischer Dampf alles was er durchdringt, es seien Laven, Tuff, vulcanische Asche, oder Bimssteine, in einen blassen Letten verwandelt, der meistens weiss ist oder nur einen schwachen Schein von roth, blau, grün oder gelb hat“ (loc. cit. p. 19).

P. Scrope scheint diesen Punkten wenig Aufmerksamkeit geschenkt zu haben, und bezeichnet alles als „Siliceous Trachyt“.

Das Vorkommen von Alaunstein, schwefelsaurem Kupfer, Eisenkies, Kupferkies, Quarzkrystallen bestätigt die Ansicht einer Solfatarenthätigkeit, wie wir sie auch in anderen Gegenden vielfach beobachten. Die wirkenden Gase waren wohl Wasserdampf, Schwefelwasserstoff oder schwefelige Säure, vermengt mit Kohlensäure. Die Wirkungen, die wir hier beobachten, sind denen, die wir in den ungarischen Gebirgen bemerken, sehr ähnlich [1].

[1] Richthofen, Studien aus den ungarisch-siebenbürgischen Trachytgebirgen; Jahrb. d. k. k. geol. Reichsanst. 1860. — Doelter, Die Trachyte des siebenbürgischen Erzgebirges. Mineral. Mittheilungen. 1874, 1. Heft, p. 16.

Als letzten Ausläufer des Rhyoliths müssen wir noch das Vorkommen an der Punta del Incenso hervorheben.

Zu Ponza gehörige Inseln.

Die Insel Cavi.

Dieselbe hat circa 1 Miglie im Umfang und eine Höhe von 60 M.; sie ist durch einen schmalen Canal von der Punto del Incenso getrennt und senkt sich überall gegen das Meer, ihr höchster Punkt ist gegen die Punta Rossa zu; sie ist mit Strauchwerk bewachsen. Ihrer geologischen Beschaffenheit nach ist sie ähnlich wie der Piano del Incenso zusammengesetzt, das herrschende Gestein ist ein lockerer Tuff, durch Dämpfe zersetzt, der Einschlüsse eines verquarzten Gesteins enthält.

Li Faraglioni.

Es ist dies eine kleine Gruppe von Felsen an der gleichnamigen Spitze an der Westküste; sie besteht aus fünf grösseren und 7 kleineren Felsen, welche offenbar mit der Landzunge zusammenhängen; die meisten sind aus Trachytbreccie gebildet, mit Ausnahme der westlichsten, welche aus Rhyolith gebildet sind, sowie auch der grössten, östlicheren, welche zum Theil aus Trachytbreccie, zum Theil aus Rhyolith und Pechsteinsaalband zusamengesetzt ist.

I Scogli Calzone del Muto.

Es ist dies die hier schon einmal erwähnte Gruppe, aus zwei steil aus dem Meere ragenden Felsen gebildet.

Der grösste davon ist ungefähr 100 M. lang und vielleicht 20 M. hoch; sie sind unbewachsen.

Petrographisch bilden sie einen der interessantesten Punkte, sowohl durch die eigenthümliche sphärische Absonderung des Gesteins, welche an dem grössten der Felsen auf der gegen Westen gekehrten Seite zu beobachten ist und welche wir p. 13 bildlich dargestellt haben, als auch wegen dem Gesteine selbst, das uns die schönen früher erwähnten Feldspäthe lieferte.

I Faraglioni-la-Madonna.

Dieselben sind aus zwei länglichen Felsen gebildet, welche von der Punta della Madonna gegen NO. ziehen; ihre Höhe ist unbedeutend, sie sind zum Theil mit Gras bewachsen; der nördlichere, der längste, ist ungefähr 120 M. lang. Sie bestehen aus Rhyolith, welcher dem Gange (1) angehört.

Isola La Ravia.

So wird ein kleines Eiland an der Nordseite des Hafens von Ponza genannt; es ist ziemlich hoch und überall schroff gegen das Meer abfallend; auf der Höhe desselben befindet sich ein kleines Fort, das Fortino de la Ravia. Das Gestein dieses Felsens ist der Rhyolith, ganz so wie er an der Punta di Santa Maria vorkömmt. Zwischen der letzteren Spitze und der Insel bemerkt man drei Felsen von eigenthümlicher cylindrischer Form, wovon zwei aus Pechstein, der dritte aus Rhyolith zusammengesetzt ist.

Noch wäre zu erwähnen des Scoglio Rosso am östlichen Ausgange des Hafens von Ponza, der, so gut ich es im Vorüberfahren mit der Barke bemerken konnte, aus Rhyolith besteht.

Der Felsen La Botte.

Zwischen den Inseln Ventotene und Ponza, in ostsüdöstlicher Richtung der letzteren, circa 10 Miglien davon entfernt, liegt ein kleiner ziemlich hoher Felsen, der den Namen La Botte führt.

Die Gewalt der Meereswogen, welche von allen Seiten dieses Eiland bearbeitet, verkleinert es Jahr für Jahr, und dürfte dasselbe in nicht sehr langer Zeit vielleicht ganz verschwinden. Ich konnte leider dieses Eiland nicht besuchen, und will nur einige Bemerkungen, welche früheren Besuchern entnommen sind, hier

wiedergeben; P. Scrope [1] gibt an, dass der Felsen gebildet wird aus einem in kleine Säulen abgesonderten Trachyte, den er mit dem von dem Monte La Guardia identificirt. Obgleich sich nun in der erwähnten Arbeit sehr grosse petrographische Fehler finden, und Gesteine von sehr verschiedener mineralogischer und chemischer Zusammensetzung zusammengeworfen wurden, so scheint diese Ansicht doch im Allgemeinen ganz glaubwürdig, da es unwahrscheinlich ist, dass hier etwa ein selbstständiger Vulcan vorliege, und die Distanz von den östlichsten Ausläufern Ponza's keine so sehr beträchtliche ist. Wahrscheinlich ist diese Insel der Überrest eines grossen Stromes, der von der SO.-Küste Ponza's gegen SO. floss.

Über das Alter des Ponza-Vulcans liegen uns leider gar keine Daten vor; sedimentäre Gesteine sind daselbst nicht sichtbar; das einzige mit Hilfe des Wassers gebildete Gestein, der Tuffsandstein von Chiaja di Luna, enthält keine Petrefacten.

Sehr wahrscheinlich ist jedoch, dass derselbe kein hohes geologisches Alter hat und wohl zur Pliocänzeit sich bildete; dafür sprechen auch die Analogien mit anderen vulcanischen Gebieten. Jedenfalls ist die active Periode der vulcanischen Thätigkeit längst erloschen. Weder in Exhalationen, noch in heissen Quellen finden wir die Nachwehen derselben; nur die jetzt noch, nicht selten vorkommenden Erdbeben [2] könnten noch als Beweise dienen, dass die seismische Thätigkeit noch nicht ganz erloschen ist.

Dies scheint auch auf den übrigen Inseln der Fall zu sein, nirgends wurde mir eine Thatsache bekannt, die noch für eine Solfatarenthätigkeit zeugen könnte. Nur von den Einwohnern der Insel Ventotene wurde mir erzählt, dass vor einigen Jahren auf der Insel Santo Stefano eine Erscheinung sich gezeigt hätte, die sie als Herausströmen von Gasen bezeichneten; jedoch waren die Nachrichten, welche ich darüber sammelte, zu vage und theilweise widersprechende, als dass ich mir ein Bild dieser Erscheinung hätte machen können.

Auf der Insel Ponza scheinen die Eruptionscentra nur an der Ostküste gewesen zu sein. Die Eruptionen begannen mit dem Auswurfe von Trachyttuffbreccie, hierauf folgten die gangförmigen Durchbrüche des Rhyoliths und die Stromausgüsse des Sanidin-Trachytes, welchen der Auswurf der verschiedenen Tuffe folgte. Wahrscheinlich erstreckten sich die Ergüsse bis zur Insel Zannone und dem Eiland la Botte; während also gegen Westen, Norden und Süden Durchbrüche stattfanden, scheinen dieselben gegen Osten ganz zu fehlen. An der Nordseite scheinen Gasexhalationen längere Zeit gewirkt zu haben, während sie an den anderen Punkten fehlen.

Die Insel Palmarola.

Topographie.

Die Küste. — Die südlichste Spitze der Insel Palmarola wird von dem steil gegen das Meer abfallenden Vorgebirge gebildet, das den Namen Punta di Mezzo Giorno trägt; von diesem bis zur südöstlichsten Spitze, dem Capo di Vardella, bildet die Küste eine längliche, wenig tiefe Bucht, welche von überall senkrecht abfallenden Felswänden gekrönt wird; von dem Capo Vardella bis zu dem Furcina genannten Berge zieht die Küste ohne grössere Einbuchtungen gegen NNW. und von dort aus geradlinig gegen Norden bis zu dem nordöstlichen Punkte, wo die Küste sich gegen Westen wendet und eine sehr wenig tiefe Bucht bildet. Die nordwestlichste Spitze wird von der P. della Tramontana gebildet, von dort zieht die Küste gegen Süden und bildet hinter der Furcina eine von mehreren Inseln geschützte Bucht, welche als Landungsplatz benützt wird und durch das Vorgebirg della Torre gegen Süden abgeschlossen ist; der Verlauf der Küste von letzterem Vorgebirge bis zu der Punta di Mezzo Giorno ist fast geradlinig gegen Süden mit einer kleinen Neigung gegen Osten, und zeigt wenig Einbuchtungen.

---

[1] L. c. p. 221.

[2] Vergl. Hamilton. Reise in die Provinz Abruzzo und nach der Insel Ponza, p. 20.

Orographie. Die ganze Insel besteht aus einem von Süd nach Nord ziehenden Gebirgszug, der ungefähr in der Mitte der Insel gegen die Furcina seine geringste Erhebung erreicht, und auch dort die kleinste Breite zeigt.

Den höchsten Punkt der Insel bildet der Piz del Guarniero, dessen Höhe über dem Meeresspiegel 180 M. beträgt; von dem Piz del Guarniero gegen das Capo Vardella senkt sich die Höhe bedeutend, gegen Osten dagegen ziemlich sanft.

Nördlich vom Piz del Guarniero liegt die Punta Rossa etwas niederer als der erstere, der Abhang gegen die Ostküste ist hier viel steiler als der gegen die Westküste.

Der nördliche Theil der Insel, der Berg der Tramontana, wird von dem Höhenzug des Rosso-Piz del Guarniero durch einige tiefe Schluchten und einige wenig hohe Felsen getrennt, welche gabelförmig emporragen und daher den Namen Furcina tragen, sie sind sehr wenig breit; an der Westküste bemerken wir jedoch zwischen der Furcina, dem Rosso und dem Abhange der Tramontana ein kesselförmiges Thal, welches an dem Landungsplatze endigt [1].

Gegen diesen Thalkessel ist der Abhang der Tramontana steil geneigt, jedoch ist dieser Abhang kaum 40 M. hoch; auf der Höhe ist er wieder sehr sanft, so dass er ein Plateau bildet, welches gegen Norden und Westen sanft sich an die eigentliche Punta di Tramontana anlehnt. Letztere fällt gegen Norden und Osten sehr steil gegen das Meer ab.

Die Gesteine der Insel Palmarola.

Es sind dies ausser einem klastischen Gesteine, der Trachytbreccie, folgende Massengesteine:

Sanidin-Trachyt; Lithoidit; Rhyolith; Obsidian; Pechstein; Perlit.

Letztere beide sind Producte der Umwandlung der Trachytbreccie im Contact mit den verschiedenen Gesteinsgängen.

Die Trachytbreccie.

Dieselbe ist im Ganzen und Grossen der auf Ponza vorkommenden ähnlich, insbesondere was das Bindemittel derselben anbelangt; jedoch sind die Einschlüsse wesentlich dadurch von den in der Ponza-Breccie enthaltenen verschieden, dass sie an manchen Punkten zum Theil perlitischer oder obsidianartiger Natur sind. Der Hauptsache nach ist es Trachyt, und zwar ein den früher beschriebenen ganzförmig auftretenden ganz ähnlicher. Wenn wir die Einschlüsse in der Breccie aufzählen, so haben wir zu nennen:

Dichter Obsidian ohne Einsprenglinge (Capo Vardella),
Porphyrartiger Obsidian (Capo Vardella),
Gebänderter Obsidian mit Lithoiditeinschlüssen (Punta del Cagnone),
Trachyt (Punta del Cagnone, Marina),
Perlit (Punta del Cagnone, nördlich von der Marina),
Pechstein (Ostabhang der Tramontana).

Sanidin-Trachyt.

Es hat dieses Gestein viel Ähnlichkeit mit dem vom Montagniello auf Ponza. Frische Stücke sind selbst bei dem Zerschlagen von grösseren Blöcken sehr selten zu finden; die Farbe der Gesteine ist meist lichtgrau mit einem Stich ins Violette; frische Stücke sind etwas dunkler. Die Grundmasse des Gesteins ist von geringer Härte, etwas porös, und tritt neben den ausgeschiedenen Gemengtheilen stark zurück; letztere sind:

Sanidin. Der häufigste porphyrartige Gemengtheil, Körner und Krystalldurchschnitte von 3—9 Mm. Länge, zeigt rissiges glasiges Aussehen.

Biotit. Selten; kleine hexagonale Täfelchen von tombackbrauner Farbe.

---

[1] Vergl. C. Doelter, Vorläufige Mittheilung über den geologischen Bau der Pontinischen Inseln, p. 5. Sitzungsb. d. kais. Akad. d. Wissensch. 1874.

Unter dem Mikroskop im Dünnschliff zeigt sich neben den häufigen Sanidin-Durchschnitten auch seltener Plagioklas. Auch Augit tritt mikroskopisch auf, ebenso zeigt sich Biotit; Magnetit ist in dem Gesteine ziemlich häufig.

Eine Analyse dieses Gesteines konnte wegen des vorgeschrittenen Zersetzungszustandes der Stücke nicht durchgeführt werden.

Lithoidit.

Als solches bezeichne ich ein rauchgrünes, oder röthlichgraues vollkommen homogenes Gestein ohne grössere porpyrartig eingestreute Gemengtheile. Der Name Lithoidit wurde von Richthofen für einige ungarische ähnliche Gesteine angewandt und erscheint vollkommen passend für diese Abtheilung des Rhyoliths [1]. Das Gestein hat häufig eine gebänderte Textur, wie es überhaupt manchmal gänzlich schieferig erscheint.

Unter dem Mikroskop im Dünnschliff sieht man einige Sanidine, sehr wenig Plagioklas, einige grössere Biotite und selten Augitdurchschnitte, die Hauptmasse des Gesteines aber besteht aus Glasmasse, welche bei entsprechender Vergrösserung zahlreiche Trichite und viel Opacit zeigt.

Es ist dies eines der drei Gesteine der Ponza-Inseln, welche Abich [2] beschrieben hat.

Die Resultate seiner Analyse sind folgende:

Kieselsäure	74·54
Thonerde	13·57
Eisenoxyd	1·74
Kalkerde	0·34
Magnesia	0·24
Manganoxyd	0·10
Kali	3·68
Natron	4·86
Glühverlust	0·20
	99·27

Specif. Gew. = 2· 5295.

Abich erwähnt, dass das Gestein, das er Trachytporphyr nennt, ein gneissartiges Aussehen habe, und dass in der vollständig homogenen Grundmasse kleine Feldspathkrystalle zu sehen seien.

Auch dieses Gestein gehört also, wie es schon der petrographisch-mikroskopischen Untersuchung nach zu erwarten war, zu den höchst silicificirten.

Obsidian.

Das Vorkommen dieses Gesteines ist innerhalb unseres Gebietes auf die Insel Palmarola beschränkt; man kann verschiedene Varietäten von Obsidian unterscheiden; dichten Obsidian, porphyrartigen Obsidian, gebänderten Obsidian; ausserdem kommen zahlreiche Übergänge zwischen Obsidian einerseits und Perlit und Lithoidit andererseits vor.

Der dichte Obsidian kommt als Einschluss in der Tuffbreccie am Capo Vardella vor. Er zeigt muscheligen Bruch, und nur sehr selten sieht man darin einen kleinen Sanidinkern eingeschlossen.

Unter dem Mikroskop im Dünnschliff sieht man eine Glasmasse mit zahlreichen parallel angeordneten Trichiten, ganz so wie dies in anderen Obsidianen der Fall ist.

Der chemischen Zusammensetzung nach gehört dieses Gestein zu den höchst silicificirten. Eine Analyse desselben ergab mir nämlich:

---

[1] Vergl. oben p. 149.

[2] Vulcanische Erscheinungen, 1841, p. 20. Annales des Mines, Jahrg. 1842, p. 581.

SiO_2	70·01
Al_2O_3	17·63
Fe_2O_3	0·56
CaO	0·81
MgO	0·11
K_2O	6·55
Na_2O	3·92
Glühverlust	0·54
	100·13

Es hat also dieses Gestein eine dem des Lithoidit von der Punta della Tramontana, den Abich untersucht hat, ganz nahekommende Zusammensetzung.

An denselben Orten (Capo Vardella und Punta del Cagnone) findet man einen porphyrartigen Obsidian mit zahlreichen Sanidinkrystallen, die Grundmasse ist gerade so wie die des ganz dichten Obsidians ausgebildet.

Gebänderter Obsidian mit Anlage zur schieferigen Structur kommt sowohl an der Marina di Palmarola als auch an dem eben genannten Punkte vor.

Dieses Gestein besteht aus Lagen von schwarzgrauen und pechschwarzen, reinen Obsidianpartien; dazwischen hie und da noch kleine Lagen von röthlichem lithoiditähnlichen Gestein mit Einschlüssen von rothem Lithoidit, ähnlich dem, der an Tramontana vorkommt, und welcher auch von dem Obsidian durchbrochen wird.

Unter dem Mikroskop im Dünschliff erscheint ein solches Gestein als ein Gemenge von gelben und weissen Glaspartien, in demselben zeigen sich parallel angeordnete Trichite und viel Opacit.

An dem Südwestabhang des Berges Punta della Tramontana findet sich ein Gestein, welches ein eigenthümliches Übergangsgestein zwischen Perlit, Obsidian und Lithoidit ist. Es besteht aus feinen liniendünnen Lagen von schwarzem Obsidian, schwarzgrauem ebenfalls dichten Obsidian und seltener vorkommenden Lithoiditlagen und weiteren Lagen von kleinen ganz schwarzen Perlitkörnern. Dazwischen kommen reinere Partien von Perlit und pechschwarzem Obsidian war.

Perlit.

Der Perlit ist ein häufig verbreitetes Gestein auf Palmarola, als selbstständige Masse tritt er nur an einem Punkte auf, häufig kommt er aber in der Trachytbreccie als Einschluss vor; besonders das Massiv von Tuffbreccie im Süden zwischen dem Trachytgang der Punta di Mezzo giorno und dem Capo Vardella ist reich daran; jedoch ist es weniger der reine Perlit als ein Übergangsgestein zwischen Perlit und Obsidian, den man vor sich hat; mikroskopisch lässt sich die körnige Textur sehr schön beobachten; das Ganze besteht aus Glasmasse, die häufig durch Eisenverbindungen gelb oder braun gefärbt ist und zahlreiche Mikrolithen enthält.

Pechstein.

Der Pechstein kommt auf Palmarola unter ähnlichen Verhältnissen vor wie auf der Insel Ponza, nämlich als Saalband der Trachytgänge. Die Pechsteine, wie sie als Saalbänder des Sanidintrachyts vorkommen, sind denen von Ponza ganz ähnlich; solche Gesteine sieht man an der Punta di Mezzo giorno und an der Halbinsel de la Torre; sie zeigen schwarzgrüne, auch gelbe Färbung und sind durch Sanidinkrystalle porphyrartig ausgebildet. Anders verhalten sich die als Saalbänder des pechsteinartigen Rhyoliths an der Furcina auftretenden Pechsteine, sie zeigen eine Art Übergang zu dem Obsidian und sind sehr verwittert, hie und da werden sie porphyrartig durch Sanidin. Der vorgerückte Zustand der Zersetzung verhinderte eine genauere Untersuchung.

Rhyolith.

Es ist dies ein Gestein ganz ähnlich dem, welches auf Ponza vorkommt. Die gelblichweisse, harte homogene Grundmasse enthält kleine Krystalle und Krystallkörner von glasigem, rissigem Sanidin, sie herrscht

gegenüber den Einsprenglingen vor. Biotit ist sehr selten. Das Gestein ist ziemlich zersetzt; unter dem Mikroskop im Dünnschliff sieht man eine zersetzte Grundmasse mit vorwiegendem Glasgehalt, in der einige Sanidine eingestreut sind; Magnetit ist sehr wenig vorhanden.

Der geologische Bau der Insel Palmarola.

Die Insel Palmarola besteht aus einer Decke von Trachytbreccie, welche von zahlreichen Trachytgängen durchbrochen wird. Alle diese Gänge kommen aus einem und demselben Eruptionscentrum, welches offenbar die Marina di Palmarola ist, wie ich schon in meiner vorläufigen Mittheilung über diesen Gegenstand angedeutet habe [1].

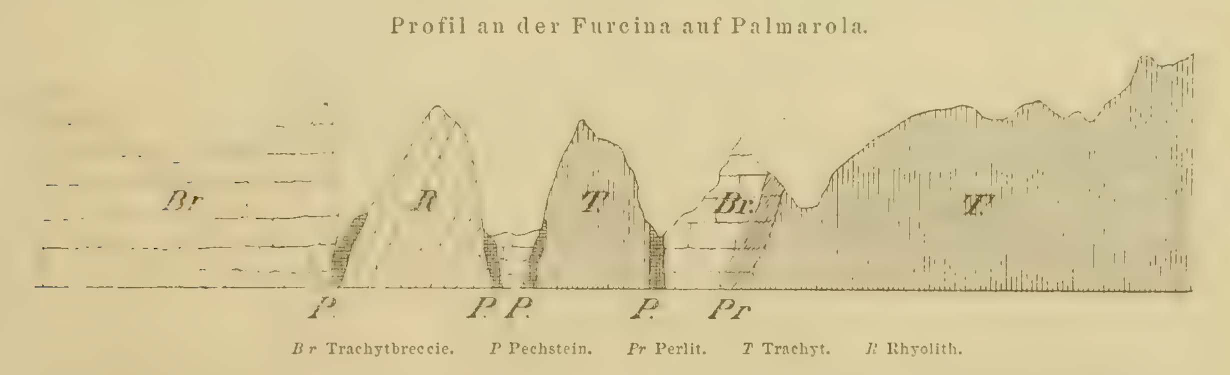
Gegen Süden bricht ein mächtiger Trachytgang durch die Tuffbreccie, derselbe ist von sehr bedeutender Mächtigkeit, da er wohl ein Drittel des Gebirgsrückens einnimmt. Derselbe nimmt an dem Thalkessel bei der Marina seinen Ursprung und wendet sich zuerst gegen SO., später biegt er gegen Süden ein. An der Südküste sieht man, dass er nicht ganz vertical ist, sondern einen Winkel von circa 75° mit der Horizontale und zwar gegen Osten bildet; auch ist er an der Punta di Mezzo giorno etwas schmäler als auf der Nordseite, wo er stromartig sich übergossen hat; am Contact sind auch hier Pechsteinbildungen zu beobachten.

Ein zweiter Gang, der jedoch heute nicht vollkommen mehr erhalten ist, wird von den zwei Inseln Faraglioni und Faraglioni pallante und der Halbinsel della Torre gebildet; man könnte anfangs glauben, dass dieser Gang identisch sei mit dem eben erwähnten; jedoch lässt sich deutlich an der Westküste die dazwischen lagernde Breccie beobachten, und am Contact, dort wo die Halbinsel de la Torre mit der Hauptinsel zusammenhängt, bemerkt man Pechstein und Pechsteinbreccie; der hier vorkommende Pechstein ist rabenschwarz und hat wenig Einsprenglinge, er nähert sich seinem ganzen Habitus nach viel dem Obsidian.

Ein weiterer Gang ist derjenige, welcher durch das von uns beschriebene eigenthümliche rhyolithische Gestein gebildet wird; gerade östlich von der Marina, zwischen den zwei Bergen Punta Rossa und Piz de la Furcina, findet sich ein kleiner kegelförmiger Berg; die Richtung dieses Ganges ist von Westen nach Osten, derselbe zeigt am Contact mit der Trachytbreccie ein zwischen Obsidian und Pechstein stehendes Gestein, das sehr verwittert ist.

Wir sehen die Verhältnisse auf folgendem Profil bildlich dargestellt.

Profil an der Furcina auf Palmarola.



Br Trachytbreccie. *P* Pechstein. *Pr* Perlit. *T* Trachyt. *R* Rhyolith.

Die mächtigste Gangmasse ist die des Lithoidits, der die Tramontana bildet; dieser Lithoidit zeigt an der West- und besonders aber an der Nordküste schöne säulenförmige Absonderung; ausserdem ist er aber vielfach in dünne schieferige Platten abgesondert, wie wir bereits bemerkt haben. An dem Abhang des Berges gegen die Marina di Palmarola finden sich in dem Lithoidit schmale Gänge von Obsidian, die einzigen Vorkommen dieses Gesteins in grösseren Massen auf den Pontinischen Inseln. Derselbe ist zum Theil dicht, oft aber auch eigenthümlich faserig, zum Theil bildet er mit dem durchsetzten Lithoidit Breccien: die Gänge sind zahlreich, aber sehr wenig mächtig.

---

[1] Sitzungsberichte der k. Akad. d. Wiss. 1875, Jännerheft.

Die Beschreibung einiger Excursionen dürfte am besten den geologischen Bau dieser Insel kennen lehren.

Vom Capo Vardella über den Rosso nach der Marina di Palmarola.

Wir landeten von Ponza kommend an der Bucht zwischen Capo Vardella und P. di Mezzo giorno, welche von steil sich erhebenden Trachytbreccienwänden gebildet wird. Diese Tuffbreccie ist hier ganz der von Ponza ähnlich, und unterscheidet sich nur durch die Natur der Einschlüsse, welche hier andere sind. Am Capo Vardella, wo man an einem gefährlichen Steige vom Meere auf die Höhe klimmt, findet man hauptsächlich porösen Trachyt und dichten Obsidian; die Obsidianbruchstücke sind nicht immer abgerundet, es finden sich viele eckige Stücke darunter; das Gestein selbst ist etwas von dem gangförmig an der Marina di Palmarola vorkommenden verschieden, es ist oft gebändert und zeigt Zwischenlager einer etwas lichteren Substanz, die Hauptmasse ist pechschwarz; es ist porphyrartig ausgebildet. Mikroskopisch verhält es sich aber ähnlich wie jenes von dem Südabhang des Berges Tramontana.

Auf der Höhe zwischen dem Capo Vardella und der Punta del Cagnone finden wir unter den Einschlüssen am häufigsten Perlit, hie und da auch Obsidian; der hier vorkommende Perlit ist von lichtgrauer Farbe und enthält nicht selten kleine abgerundete Stücke von Obsidian, welcher oft vorherrscht; der Perlit ist meist von geringer Häufigkeit, nicht selten stark zersetzt.

Wir steigen nun von der Punta del Cagnone gegen den Piz del Guarniero zu, von dort überblicken wir den grössten Theil der Insel; rechts an der Ostküste sehen wir Breccienmassen, links den Trachytgang. Der Piz del Guarniero selbst besteht aus Trachyt, das Gestein ist dort sehr zersetzt, und lässt zahlreiche glasige Feldspathe erkennen; wenn wir von der Spitze dieses Berges gegen Norden weiterschreiten und das Thal, welches uns von der nächstliegenden Spitze, der Punta Rossa trennt, passirt haben, sehen wir zu unserer Rechten die Trachytbreccie allmählig verschwinden und den Trachyt näher gegen das Meer sich ausdehnen, während wir an der Ostküste mehrere Schollen von Breccie entdecken; wir gelangen so an jene Schluchten, welche den südlichen Höhenzug von der Tramontana trennen. An der letzten diesseitigen Spitze, dort wo der Abhang mehrere hundert Fuss hinabstürzt, sehen wir einen lagerartigen Gang eines Gesteins mit perlitischer Textur, welches aber sehr verwittert ist; wenn man die verwitterten Bruchstücke des Trachyts an der Punta Rossa mit demselben vergleicht, fällt die Ähnlichkeit beider und der allmählige Übergang auf, so dass man zur Überzeugung gelangt, dass beide nur zweierlei Ausbildungen eines und desselben Gesteins sind.

Noch mehr wird diese Ansicht bestätigt durch die Art und Weise des Vorkommens des Perlits; von dem Fusse des Berges betrachtet, sieht man den Perlit eine dicke Bank im Trachyt bilden, er ist ebenfalls säulenförmig abgesondert, wie der Trachyt; welche Umstände die Veranlassung gaben, dass hier Trachyt, dort Perlit gebildet wurde, ist freilich unklar; einen chemischen Beweis der Identität beider Gesteine konnte ich wegen der vorgeschrittenen Zersetzung derselben nicht liefern.

Wenn wir von der Punta Rossa zurückkehrend uns gegen Westen wenden, sehen wir die schön entblössten Wände des in kleine, dicke Säulen abgesonderten Trachyts; unten am Meeresufer, an einigen Stellen hoch in den Abhängen hinaufreichend, sieht man die Trachytbreccie. Wir gelangen so zur Marina, an der kleinen Halbinsel de la Torre vorübergehend, wo wir am Contact des Trachyts mit der Breccie den Pechstein aufgeschlossen sehen und auch das Gestein des nördlichen Trachytganges anstehend finden.

Von der Marina auf die Punta della Tramontana und den Piz della Furcina.

Am äussersten Ende der Marina senkt sich die hohe Wand des Tramontanaberges steil ab und lässt die Obsidiangänge im Lithoidit gut beobachten; wir können hier höchst interessante petrographische Studien machen, und eine Anzahl von Obsidianvarietäten, sowie auch Breccien sammeln, von denen wir übrigens mehrere vorhin beschrieben haben.

Von da auf die Höhe der Tramontana kann man zwei Wege einschlagen, einen steilen Steig zwischen Geröllmassen und später am Felsen hinauf — es lässt dieser Weg den Contact zwischen Lithoidit und

Breccie erkennen sowie auch den Verlauf der Obsidiangänge beobachten — und einen bequemeren weiter östlich davon, welcher uns die Breccienbildung zeigt. Es ist das dort vorkommende Gestein etwas abweichend von dem übrigen, indem die Bruchstücke von Trachyt weniger, dagegen das Bindemittel des Tuffes häufiger Umwandlungen in Perlit, seltener in Pechstein zeigen.

Beide Wege führen uns auf eine kleine Hochebene, welche wir in der Richtung nach Norden durchkreuzen und dann den Aufstieg auf die Bergspitze antreten. Am Fusse derselben fällt uns die grosse Menge von Obsidianbruchstücken auf, welche allenthalben umherliegen; dieselben zeigen eine eigenthümliche Form, sie sind spitzig und lang, wie dickere Nähnadeln, oder dicker als kleine Stäbe; es fragt sich, ob diese Bruchstücke Auswürflinge sind, oder ob sie nur durch die Verwitterung aus einem in der Nähe anstehenden Gesteine abgelöst worden sind; letztere Ansicht ist die wahrscheinlichere, die Bruchstücke sind wohl aus einem ähnlichen faserigen Gesteine, wie das an der Marina vorkommende, durch die Verwitterung losgelöst worden.

Das erste anstehende Gestein, welches wir finden, ist ein eigenthümlicher Rhyolith, der ganz ähnliche Erscheinungen zeigt, wie das Lithophysen-Gestein von Telkibanya [1].

Unweit davon finden wir wieder ein merkwürdiges perlitisches Gestein, es ist wieder ein zwischen dem reinen Perlit und dem Obsidiane stehendes Gestein, ein Gemenge von reineren Partien derselben, wozu auch Lithoidit tritt.

Wenn wir den steilen Abhang gegen die Zacken der Punta della Tramontana weiter schreiten, so tritt uns ein anderes Gestein entgegen, es ist der ganz dichte Lithoidit, mit der eigenthümlichen schieferigen Absonderung; dieses Gestein verfolgen wir auch auf den verschiedenen Spitzen des Berges.

Vom Fusse des Berges, auf der erwähnten Hochebene, wenden wir uns gegen die Ostküste; die Trachytbreccie herrscht hier überall vor, sie ist an der Ostküste viel weiter nach Norden vorgeschoben, als an der Westküste.

Der Contact zwischen dem Lithoidit und dieser Gebirgsart ist schlecht aufgeschlossen, daher auch die etwaigen Veränderungen derselben nicht näher zu beobachten sind. Südlich davon tritt ein anderes Gestein auf, es ist dies citronengelber Pechstein; die Blöcke desselben ragen an vielen Punkten aus der mit Gras bedeckten Fläche heraus. Ob dieser Pechstein ebenfalls nur der Umschmelzung der Trachytbreccie sein Vorkommen verdankt, oder ob er einer anderen selbstständigen Eruption angehört, lässt sich nicht ganz mit Sicherheit entscheiden, es ist jedoch das erstere, wegen der Analogien mit dem anderen Vorkommen die wahrscheinlichste Ansicht.

Unter dem Pechstein steht ein Gestein an, welches nur vom Meere aus zugänglich ist, es ist petrographisch identisch mit dem Rhyolith der Furcina.

Letzteres Vorkommen lernten wir von der Marina aus kennen; am Contact mit der Breccie trafen wir einen Pechstein, der sehr nahe den beschriebenen Obsidianen steht; die Verhältnisse dieser Gruppe sind übrigens vorhin genügend geschildert worden, so dass hier darüber nichts mehr zu erwähnen ist.

Zu Palmarola gehörige Inseln.

An den Küsten Palmarola's findet sich eine grössere Anzahl von Inseln, welche, offenbar früher zu derselben gehörig, durch die Wirkung des Wassers von der Hauptinsel losgerissen wurden.

An der Südspitze sind vor Allem zu erwähnen die drei Inseln Faraglioni pallante, zwei grössere Inseln und zwei kleinere Felsen; ferner weiter an der Südwestspitze die Inseln i due Fratelli, sehr hohe Felsen, zwischen denen sich wieder ein kleinerer befindet, der durch die zerstörende Wirkung der Meereswellen eine eigenthümliche Form erhielt, welche wir in folgender Skizze wiederzugeben versucht haben.

[1] Siehe Richthofen, Studien aus den siebenbürgisch-ungarischen Trachytgebirgen. Jahrbuch der k. k. geologischen Reichsanstalt, 1860.

Die Inseln I due Fratelli an der Südküste von Palmarola.



Vor dem Capo Vardella liegt ein anderes langgestrecktes Eiland von unbedeutender Höhe, der Scoglio di Vardella.

Eine grössere Anzahl von Inseln findet sich an der Nord- und an der Nordwestküste; so eine an der Nordostspitze, mit sehr schöner säulenförmiger Absonderung [1].

An der Nordwestküste haben wir zu erwähnen:

Der Scoglio de la Galera, ein flacher, langer Felsen.

Der Faraglioni, ein hoher runder, aus dem Meere sich erhebender Felsen.

Der Faraglioni delle Pietre, welcher grösser ist, aber eine ähnliche Gestalt besitzt.

Endlich südlich von dem Vorgebirge de la Torre der Faraglioni pallante, ein unbedeutendes Eiland.

Die Insel Zannone.

Topographie.

Die Insel Zannone hat die Gestalt eines Rechteckes, die kürzere Seite desselben ist ungefähr der Richtung O.—W. parallel mit einer kleinen Neigung nach Süden, fast überall fällt die Küste steil gegen das Meer ab. Nur an der nordöstlichen und der südöstlichen Spitze senkt sie sich sanfter. Der einzige Landungsplatz ist an der südwestlichen Küste an der Punta Galletella, die Erhebung der Küste über dem Meeresspiegel ist daselbst nur eine geringe, von da gegen Norden ist die Küste eingebuchtet bis zu einem, ungefähr in der Mitte befindlichen Felsvorsprung; von da aus ist die Richtung mehr gegen Osten. Die Nordostspitze trägt den Namen P. del Lauro, von da wird die Höhe der Küste allmählig bedeutender bis zur nordwestlichen Spitze, dem Capo Nero; hier wendet sich die Küste gegen Süden, und geht ohne viel Einbuchtungen bis zur Südwestspitze. Die Südseite ist schwach eingebuchtet.

An der Nordküste sowohl wie an der Westküste finden sich zahlreiche kleine Inseln.

Orographie. Die Insel Zannone besteht aus einem Bergrücken, der so ziemlich die ganze Insel bildet; der Kamm zieht von Norden nach Süden etwas näher an der Westküste; auf der nördlichen Hälfte gabelt sich das Gebirge und sendet gegen Osten und Westen Ausläufer. An der Südostspitze bildet das Gebirge einen ziemlich sanft abfallenden Kessel, ein anderer findet sich an dem Nordostabhang. Der Westabhang sowie auch die Nordseite fallen steil gegen das Meer ab.

Die Breite der Insel in ihrem südlichen Theile beträgt ungefähr $1^1/_2$ Miglien, im nördlichen Theile etwas weniger.

Die höchste Erhebung trifft ungefähr mit dem Centrum des Rechteckes zusammen, es ist das die Asta de la Bandera; wir geben hier noch einige weitere Höhenmessungen:

Asta de la Bandera	179 M.
Piz del Falcone	166 M.
Convento	100·1 M.

[1] Siehe die Skizze, p. 14.

Die Gesteine der Insel Zannone.

Rhyolith.

Das einzige vulcanische Gestein auf der Insel Zannone ist der Rhyolith, der gangförmig auftritt; es ist dies ein sehr zersetztes, weisses Gestein, das offenbar durch spätere zersetzende Einwirkungen, wahrscheinlich durch vulcanische Dämpfe gebleicht worden ist. Das Gestein zeigt häufig Hohlräume, die Grundmasse desselben ist jedoch hart und dicht; an deutlich wahrnehmbaren Einsprenglingen nennen wir den Sanidin, der nicht sehr zersetzt ist, er zeigt sich in leistenförmigen Durchschnitten und hat glasiges, rissiges Aussehen; ausserdem kommt noch Quarz vor in grösseren Körnern; es ist somit dieses Gestein das einzige der Ponza-Inseln, in dem der Quarz in grösseren Einsprenglingen vorkömmt.

Dieses Gestein wurde von Abich untersucht[1], er vergleicht es dem äussern Habitus nach mit dem Travertino; seine Analyse ergab:

Kieselsäure	75·09
Thonerde	13·26
Eisenoxyd	1·10
Kalk	0·18
Magnesia	0·16
Kali	8·31
Natron	1·67
	99·77

Spec. Gewicht = 2·6115

Es entspricht somit dieses Gestein den höchst silicificirten der Trachytgruppe.

Sedimentäre Gesteine.

Thonglimmerschiefer. Es ist dies ein ziemlich dünnschieferiges Gestein von lichtgrauer Farbe, seidenglänzend, welches grosse Ähnlichkeit hat mit den Schiefern der Alpen, welche man als Phyllit bezeichnet hat, sowie auch mit den Schiefern des rheinischen Gebirges.

Thonschiefer. Ein dunkelgraues, ziemlich weisses Gestein, ganz ähnlich den Schiefern der Devon- und Kohlenformation.

Kalksteine. Man findet zumeist dichte, dunkelblaue oder dunkelgraue Kalke, welche sehr häufig Adern von krystallinischem Kalk enthalten, sie sind nur undeutlich geschichtet, deutlich erkennbare organische Reste konnten darin bis jetzt noch nicht vorgefunden werden.

Diese Kalksteine sind denen vom Monte Circeo ähnlich, unterscheiden sich aber wesentlich von den Kalksteinen, aus denen die Ausläufer des Apennins in der Nähe der Stadt Terracina zusammengesetzt sind, und die den italienischen Geologen zufolge der Hippuritenformation angehören sollen.

An einem Punkte der Insel zeigen sich auch dünngeschichtete, plattige weisse Kalke.

Krystallinischer Kalkstein kömmt an der Grenze des dichten Kalkes gegen den Rhyolith vor: es ist dies offenbar ein Umwandlungsproduct des dichten Kalkes durch Rhyolith; die Handstücke, die ich von diesem Gesteine sammelte, sind grobkörnig, von weisser oder bläulichweisser Farbe und stark dolomitisch.

Dolomit kömmt an ebenderselben Stelle der Insel vor, es lassen sich verschiedene Übergänge von dem dichten Kalke zu dem normalen Dolomit beobachten; letzterer, der übrigens ein seltenes Vorkommen ist, zeigt blaugraue Farbe und hat die echte poröse, drusige Structur des normalen Dolomits.

---

[1] Vulcanische Erscheinungen, 1841, p. 21. Annales des Mines. 1842, p. 585.

Der geologische Bau der Insel Zannone.

Derselbe ist ein ziemlich einfacher; bei weitem der grösste Theil der Insel besteht aus einer gangförmig auftretenden Rhyolithmasse, von der es mir am wahrscheinlichsten ist, dass sie ihren Eruptionspunkt an der Ostküste Ponza's hatte, wie ich schon in meiner vorläufigen Mittheilung über diesen Gegenstand angedeutet habe [1]. Der nordöstliche Theil der Insel besteht dagegen aus einem abgerissenen Stücke eines geschichteten Gebirges, dessen Alter natürlich wegen des Mangels an Petrefacten nicht mit Genauigkeit festgestellt werden konnte, von welchem man aber mit einiger Sicherheit behaupten kann, dass es aus verschiedenalterigen Gebilden zusammengesetzt ist, wovon das jüngste älter ist als die Kalke der Umgegend von Terracina.

Als ältestes Gebilde ist nach den Lagerungsverhältnissen ein als Thonglimmerschiefer bezeichnetes Gestein anzusehen, welches mit schwacher Neigung einfällt, hierauf folgt der schwarze Thonschiefer, welcher ebenfalls unter einem geringen Winkel geneigt ist und gegen das Festland einfällt; das Streichen ist von WNW. gegen OSO. Auf diesem liegt die Masse des ungeschichteten Kalkes, die wohl aus verschiedenalterigen Bildungen zusammengesetzt ist.

In dem Museum der königl. Universität in Rom hatte ich Gelegenheit durch freundliche Vermittelung der Herren Ponzi und Strüver, Handstücke von Kalken aus der Umgegend von Terracina zu besichtigen; dieselben, meistens von röthlicher Farbe, sind ziemlich krystallinisch; nach den Untersuchungen der italienischen Geologen werden dieselben als Hippuriten-Kalke bezeichnet.

Die auf der Insel Zannone vorkommenden Kalke sind jedoch petrographisch von jenen verschieden; den Lagerungsverhältnissen nach müssen sie älter sein als jene, wahrscheinlich gehören sie einer älteren Formation, wohl der Kohlenformation an.

Wir werden nun eine Excursion, welche uns die ganze Insel kennen lernte, beschreiben.

Wenn man von dem Landungsplatze an der Südspitze ausgehend, den sanften Abhang hinaufsteigt, der zu den Ruinen des Klosters führt, entdeckt man, unter mit Myrten und anderen Sträuchern bewachsenen Felsen, hin und wieder Bruchstücke des sehr zersetzten, oft zerfressenen Rhyoliths, der dieses ganze Massiv bildet; vom Kloster führt uns der Weg zu dem höchsten Gipfel der Asta della Bandera, von dort überblicken wir die ganze Insel: zu unserer Rechten, hinter uns, die weissen Massen des Rhyoliths und seine zahlreichen Felsenmeere; zu unserer Linken dunklere Massen, die dem Sedimentgebirge angehören. Wenden wir uns nun nach rechts gegen die Piz del Falcone und Coltellaggaio genannten Rücken, deren Höhe von riesigen zusammengestürzten Rhyolithfelsen gebildet wird; auch hier ist das Gestein zerfressen und gebleicht, aber noch poröser als das vom Convento, in Drusen und Klüften erscheinen häufig Quarzkrystalle, oft auch mit Brauneisen überzogen; besonders an dem Wege der vom Coltellaggaio gegen die Nordostspitze führt, finden wir oft schöne lange Quarzkrystalle, andererseits aber auch Aragonit und Calcit auf Gesteinsklüften; es führt uns dieser Weg durch Gebüsche von Erdbeerbäumen an die Nordküste, die Küste fällt dort ziemlich steil gegen das Meer ab, auf einem kleinen Pfade steigen wir herab, ohne jedoch anstehendes Gestein zu berühren, da nur Schuttmassen theils von dem Rhyolith, theils aber auch von den Kalkmassen den Abhang besäen; leider lässt sich auch der Contact zwischen beiden Gesteinen desswegen nicht beobachten, und wir konnten daher auch den Dolomit nicht anstehend finden, auf den P. Scrope aufmerksam macht [2].

Die Darstellung, welche letzterer Forscher von den Verhältnissen an diesem Punkte der Insel gibt, ist in vielfacher Beziehung als eine unrichtige zu bezeichnen; von einer grossartigen Umwandlang des Kalkes in Dolomit, kann, wie ich dies bei eingehender Untersuchung erkannte, keine Rede sein; die Umwandlung des dichten Kalkes in dolomitischen Kalk, krystallinischen Kalk und porösen Dolomit ist eine sehr beschränkte;

---

[1] Sitzungsberichte der kais. Akademie der Wissenschaften. Jännerheft 1875.

[2] Transactions of the geological society, 1827, p. 220.

anstehend konnte ich letzteres Gestein, gerade an jenem Punkte wo es nach Scrope grosse Felsmassen bilden sollte, gar nicht erkennen; dasselbe findet sich nur in Geröllen; andererseits fand ich etwas östlich von jenem Punkte Bruchstücke von Kalkstein im Rhyolith, fast wirkliche Breccien bildend. Der Kalkstein ist in denselben fast unverändert, höchstens etwas krystallinischer, in einigen Stücken ganz dicht [1].

Viel wichtiger und vom grössten Interesse für den gesammten Gebirgsbau des süditalienischen Festlandes sind die Resultate, welche die Untersuchung des Baues der geschichteten Gesteine liefert.

Es ist bekannt [2], dass Pilla zuerst die Vermuthung aussprach, dass die alten Gebirge Calabriens die Fortsetzung der Alpen bei Genua, sowie die Trümmer ältereren Gebirges seien, welche an der Westseite der Halbinsel bemerkt werden.

In einer vor Kurzem erschienenen, für die Kenntniss und das Verständniss des geologischen Baues Süditaliens und seiner seismischen Erscheinungen sehr wichtigen Schrift [3] wird diese Ansicht von Suess näher begründet.

Auch auf der Insel Zannone waren wir so glücklich, einen neuen Beleg für diese Ansicht bringen zu können, und werden diesen bei Besprechung der Insel Ventotene, welche ebenfalls dafür sprechende Erscheinungen uns darbot, näher auseinander setzen, begnügen uns daher vorläufig mit der Darlegung der einzelnen Thatsachen, welche wir beobachteten:

Wenn wir von der vorhin beschriebenen Stelle uns rechts wendend, circa 100 M. weiter schreiten, gelangen wir zur äussersten Grenze der Sedimentgesteine gegen Osten.

Es bilden dieselben einen schmalen Vorsprung, welcher an die Rhyolithmasse angelehnt ist. Das Gestein, welches hier ansteht, ist der Thonglimmerschiefer, welcher wenig ausgedehnt ist und eine sehr geringe Mächtigkeit wenigstens überseeisch zeigt, er fällt mit geringer Neigung gegen Osten ein. Auf diesen folgen die Mergel, und hierauf baut sich das Massiv der Kalke, welches ungefähr 100 M. mächtig ist; letztere Masse ist nur undeutlich oder gar nicht geschichtet; Petrefacten konnte ich nicht auffinden, nur an einem Block erkannte ich ovale Durchschnitte, welche aber nicht näher zu deuten sind, da sich dieselben nicht aus dem Gestein herauslösen liessen. Dieses Massiv passirt man bis zum Capo Nero, und noch eine Strecke weiter an der Westküste; endlich gelangt man an eine Wand, wo ein anderes Gestein, der schwarze Thonschiefer, auftritt; er hat dasselbe Fallen und Streichen, wie der vorhin erwähnte Thonglimmerschiefer, seine Mächtigkeit beträgt circa 50′, was über ihm liegt, liess sich wegen der grossen Trümmer von Rhyolith, die darüber liegen, nicht erkennen, jedoch scheint es fast unzweifelhaft, das es Kalke sind; weiterhin verdeckt das Felsenmeer von Rhyolith fast alles; nur unten am Meere sehen wir Rhyolith anstehend, der wohl einer Apophyse des grossen Ganges angehören dürfte, und Kalkstein, welcher von dieser Apophyse durchbrochen wird und am Contact etwas krystallinisch geworden ist; weiter südwärts sehen wir wieder dünnplattige Kalke anstehen, endlich aber die Gangmasse des Rhyoliths.

Die Insel Ventotene.

Topographie.

Die Insel Ventotene hat die Gestalt eines rechtwinkeligen Dreiecks, dessen Basis parallel der Richtung OW. ist.

---

[1] An eine Analogie dieser Umwandlungen mit den berühmten Contactphänomenen von Predazzo in Südtirol, welche letztere mich ein öfterer, fast halbjähriger Aufenthalt in den Jahren 1872, 1874 und 1875 genau kennen lernte, ist gar nicht zu denken; übrigens ist P. Scrope wohl zu entschuldigen, da sein Aufenthalt auf der Insel ein sehr kurzer war, indem ihn, wie er selbst sagt, eine der in jenen Gegenden so häufigen Burrasken nach kurzer Untersuchung zur Rückkehr nach Ponza zwang. Auch ich wurde durch einen solchen drohenden Sturmwind zur Umkehr gezwungen, nachdem ich glücklich die Insel durchsucht hatte, obgleich ein mehrtägiger Aufenthalt, besonders zum Aufsuchen von Petrefacten in den Sedimentgesteinen, sehr wünschenswerth gewesen wäre und auch beabsichtigt war.

[2] Trattato di Geologia. 1851, II, p. 543.

[3] Die Erdbeben des südlichen Italien. Denkschriften der kais. Akademie der Wissenschaften. 1874.

Die Südküste fällt fast allenthalben schroff gegen das Meer ab; sie ist fast geradlinig, ohne Einbuchtungen. Vom Capo dell'Arco, dem westlichsten Punkte, macht die Küste zuerst einen stark concaven Bogen, und verbindet so die Westküste mit der Südküste; von diesem Punkte nach Norden zu, gegen das Capo Nero, macht die Küste mehrere Einbuchtungen; auf einem der Vorsprünge findet sich der atmosphärische Telegraph. Zwischen Capo Nero und Capo d'Eolo finden wir zahlreiche und tiefe Einbuchtungen, deren bedeutendste die Marine von Ventotene ist.

Die Erhebung der Küste beträgt an diesem Punkte circa 60 M.; vor derselben stehen einige Felsen von unbedeutender Höhe, welche auf der topographischen Karte bedeutend grösser gezeichnet sind, so dass man schliessen muss, dass sie seit jener Zeit bedeutend an Umfang und Höhe verloren haben müssen.

Einen ziemlich grossen Vorsprung bildet das Capo d'Eolo (auf der Karte fälschlich als Punta di Nevola bezeichnet), von da geht die Küste am Campo santo zunächst gegen Osten, wendet sich aber dann gegen Süden, und zieht mit einigen kleinen Einbuchtungen, wovon die grösste der sogenannte Porto di Ventotene ist, in dieser Richtung fort, bis gegen die Punta di terra (auf der Übersichtskarte fälschlich Punta di Porto genannt). Die Erhebung der Küste schwankt hier zwischen 10 M. und 30 M. Von der letzten Spitze zieht die Küste im Bogen bis zur Südküste.

Die Oberfläche der Insel wird von einer fast ebenen Fläche gebildet, welche von dem höchsten Punkte, dem Capo dell'Arco, dessen Erhebung circa 110 M. über dem Meeresspiegel beträgt, sich allmählig gegen Osten und Norden senkt. An der Punta del Telegrafo an der Westküste ist diese Erhebung immer noch bedeutend, während sie am Campo santo an der Nordwestspitze eine sehr geringe ist; an der Punta del Porto beträgt die Erhebung nur wenige Meter, gegen die Südostspitze beobachten wir wieder eine Erhöhung der Küste.

Die Insel ist fast überall mit Reben bepflanzt; Thalbildungen sind sehr selten; als solche nennen wir einen tiefen Graben östlich vom Campo santo, weiterhin einen solchen südlich von der Ortschaft Ventotene an der Punta di Neve, endlich ein eigenthümlicher, sehr breiter und kurzer Graben, der aber nicht direct mit dem Meere in Verbindung steht, sondern nur durch eine tiefe Schlucht, welche jedoch circa 20 M. über dem Meeresspiegel endet, mit demselben communicirt.

Die Gesteine der Insel Ventotene.

Es sind dies basaltische Lava und Tuffe.

Basalt-Lava.

Es ist dies ein schwarzblaues, sehr poröses Gestein, die Grundmasse ist feinkörnig bis dicht und zeigt kleine Feldspatheinsprenglinge und seltene Augitnadeln; die Hohlräume in dem Gestein sind mit Calcit, sowie auch mit Zeolithnadeln ausgefüllt.

Unter dem Mikroskop im Dünnschliff sieht man sehr schöne Plagioklase mit ausgezeichneter Lamellenstructur; Sanidin dagegen ist ziemlich selten. In den Feldspathen sieht man eine Menge von Grundmasseeinschlüssen. Der Augit ist ein sehr verbreiteter Bestandtheil dieses Gesteines, es sind meistens einfache Krystalldurchschnitte, seltener Zwillinge; dieselben sind gewöhnlich um einen Punkt gruppenweise vertheilt. Sie enthalten nicht selten Einschlüsse von Magnetit; letzteres Mineral ist überhaupt in den Gesteinen mikroskopisch theilt. Hornblende, sowie auch Biotit fehlen darin gänzlich. Die Grundmasse dieses Gesteins ist krystallinisch und besteht aus Plagioklas, Augit und Magnetit. Olivin fehlt auch hier nicht.

Das Gestein entspricht demnach petrographisch dem Feldspath-Basalt.

Damit stimmt auch die chemische Zusammensetzung überein, welche nach meiner Analyse folgende ist:

Kieselsäure	49·42
Thonerde	30·79
Eisenoxyd	3·13
Manganoxydul	Spur
Kalkerde	8·42
Magnesia	2·10
Kali	1·93
Natron	4·47
Glühverlust	1·01
	101·27

Es stimmen diese Resultate ziemlich gut mit manchen der für die Vesuvlaven erhaltenen [1] überein, trotzdem jene hauptsächlich leucitführend sind, während unsere Gesteine zumeist Plagioklasgesteine sind.

Ein Unterschied findet sich nur bezüglich des Thonerdegehaltes, welcher bei unserem Gesteine ein sehr beträchtlicher ist; die Ursache ist wohl die, dass der Plagioklas ein sehr basischer, vielleicht Anorthit oder ein demselben chemisch nahestehender ist.

Was die Einreihung dieses Gesteines in die bestehenden Gesteinstypen anbelangt, so glauben wir es nach den Resultaten der petrographischen und chemischen Untersuchung am besten zu dem Feldspath-Basalte stellen zu müssen.

Tuffe.

Grauer und schwarzer Tuff. Es sind dies erdige, meistens zerreibliche feine Massen, die deutlich und regelmässig geschichtet sind und offenbar aus feiner Asche bestehen; Einschlüsse konnte ich darin nicht bemerken.

Rother Tuff. Ein der Structur und der Bildung nach ganz ähnliches Product; die rothe Färbung ist den in grosser Menge vorkommenden Eisenoxydabsonderungen zuzuschreiben.

Bimssteintuff; es besteht dieser aus meistens kleinen Bruchstücken von gelblichweissem oder grauem Bimsstein.

Trachyttuff. Ein feines ziemlich hartes Bindemittel, das ganz ähnlich jenem ist, welchen die Tuffe der phlegräischen Felder zeigen, enthält zahlreiche Einschlüsse von einem schlackigen, äusserst porösen braunen Trachyt, der durch häufiges Vorkommen von Augit in grünen Krystallen, sowie sie am Vesuv sich finden, ansgezeichnet ist.

Gelber Tuff. Es ist dies Gestein etwas ähnlich dem Peperin, wenigstens, was sein Bindemittel anbelangt; er geht allmählig in den eben beschriebenen über; die Einschlüsse, die er enthält, sind von grossem Interesse, so dass wir sie näher beschreiben werden:

1. Brauner schlackiger Trachyt. Die schwarzbraune poröse Grundmasse enthält kleine Feldspathleisten, grössere tombackbraune, länglich hexagonale Biotitblättchen und sehr viel Augit, theils in kleinen Krystallen oder Nadeln, theils in grösseren Körnern von schwarzbrauner oder dunkelgrüner Farbe.

Unter dem Mikroskop im Dünnschliff gewahrt man eine dunkelbraune sehr eisenreiche Grundmasse, welche zum Theil glasiger Natur zu sein scheint, und welche Plagioklas, Augit, seltener Leucit enthält.

2. Dunkelgraues oder graublaues dichtes Gestein, mit harter, fast ganz homogener Grundmasse, enthält einige Biotitblättchen und Augitnadeln.

Unter dem Mikroskop sieht man vorherrschend Sanidin in deutlichen rechteckigen und länglich hexagonalen Durchschnitten. Daneben auch Plagioklas; Augit ist in kleinen kurzen Nadeln von dunkelbrauner Farbe sehr häufig zu beobachten; auch der Magnetit ist reichlich vorhanden. Bei stärkerer Vergrösserung gewahrt man auch kleine hexagonale Durchschnitte, welche vielleicht dem Nephelin oder dem Apatit angehören. Glasmasse ist sehr wenig vorhanden. Das Gestein ist mikrokrystallinisch ausgebildet.

---

[1] C. W. Fuchs, Neues Jahrbuch für Mineralogie. 1866, p. 550 u. ff.

3. Granit. Aus Orthoklas, Plagioklas, wenig Quarz, schwarzer Hornblende und Biotit bestehend. Die Structur ist die feinkörnige.

4. Syenit und Diorit. Diese Gesteine sind ungemein häufig.

Sie bestehen aus vorwaltendem Orthoklas (resp. Plagioklas), Biotit, Hornblende, etwas Magnetit; der Syenit ist viel häufiger als der Diorit; auch gabbroähnliche Gesteine kommen vor.

5. Grüner Schiefer. Zersetzte, ziemlich dichte Schiefergesteine ohne grössere krystallinische Ausscheidungen.

6. Mineralaggregate. Es sind dies Bildungen ganz ähnlich denen, die von der Somma schon längst bekannt sind.

Die auf der Insel Ventotene vorkommenden repräsentiren aber nicht — wenigstens nach dem, was uns darüber vorliegt — jene berühmten reichen Mineralcombinationen. Man kann daselbst zweierlei Aggregate unterscheiden: solche, in denen der Sanidin vorwaltet, und solche, in denen der Biotit vorwaltet. In ersteren treten auf: der Biotit, Hornblende und Augit; in den letzteren: Biotit, Hornblende, Sanidin, Augit.

Endlich wäre zu erwähnen eines eigenthümlichen kalkig-sandigen, sehr wenig consistenten Gesteins, welches besonders an der Nordwestküste der Insel beobachtet wird. Es enthält zahlreiche kleine Bruchstücke von vulcanischem Materiale, besonders kleine abgerundete Bruchstücke von Biotit und Augit. Ausserdem sind jedoch darin eine grosse Anzahl von Foraminiferen enthalten, welche an der Bildung dieses Gesteins einen wesentlichen Antheil genommen zu haben scheinen. Häufig findet man auch darin grössere Concretionen in der Form von Stalactiten, welche aus reinerem Kalke bestehen. Es bildet dieses Gestein sehr wenig mächtige Ablagerungen über dem jüngsten vulcanischen Tuffe.

Der geologische Bau der Insel Ventotene.

Obgleich allem Anschein nach die Periode der Bildung der Insel Ventotene verhältnissmässig einer jüngeren Zeit angehört, so findet man doch nirgends mehr Anzeichen neuerer vulcanischer Thätigkeit. Dass andererseits auch die Formen des recenten Vulcans nicht „in ihrer ursprünglichen Gestalt zurückgeblieben sind", wird uns nicht wundern, wenn wir die noch heutzutage fortdauernden Wirkungen der Meereswässer auf diese kleine Insel ins Auge fassen.

Der Bau der Insel Ventotene ist im Allgemeinen ein sehr einfacher: Lavaströme mit darüber liegenden Tuffschichten. Die Anordnung der verschiedenen Bildungen ist dem Alter nach fast an allen Punkten folgende:

1. Basalt-Lava.
2. Brauner oder grauer erdiger Tuff.
3. Rother Tuff mit Schichten von Bimssteinrapilli wechsellagernd.
4. Gelber Tuff und Tuffconglomerat.

Wir werden nun einige der wichtigsten Punkte näher besprechen.

Die Ortschaft Ventotene selbst liegt auf demjenigen Gesteine, welches wir als dem Peperin ähnlich beschrieben haben; dieses Gestein, die jüngste Bildung, bedeckt fast die ganze Insel, mit Ausnahme eines schmalen Streifens an der Südwestspitze, dem Capo dell' Arco.

Es hat so ziemlich überall den gleichen Typus, obgleich die Beschaffenheit der Einschlüsse nicht gerade überall dieselbe ist; sehr gut ist diese Bildung zu beobachten, wenn man von der Ortschaft Ventotene gegen Westen zu der kleinen Marine geht, und den Pfad zum Meere hinuntersteigt. Die Einschlüsse sind vorherrschend der blaugraue Andesit von dichter Textur und der rauhporöse schlackige Trachyt, die wir beschrieben haben; häufig sind auch die Mineralaggregate von Sanidin, Pyroxen, Amphibol etc.

Wenn wir in einer Barke ungefähr 100 M. gegen Süden dem Capo dell' Arco zu fahren, sehen wir die Basaltdecke aus dem Meere sich erheben; wir haben hier folgendes Profil:

1. Basalt.
2. Grauer, erdiger Tuff.
3. Rother Tuff.
4. Schwarzer, erdiger Tuff.
5. Bimssteinrapilli.
6. Dichter, grauer Tuff.
7. Rother Tuff.
8. Tuff mit Einschlüssen des braunen schlackigen Trachyts.
9. Gelber Tuff.
10. Kalkig-sandiger Tuff.

Wenn wir weiterhin auf dem Meere mit der Barke gegen Süden fahren, sehen wir die Basaltdecke immer höher aus dem Meere emporragen, womit zugleich eine Erhebung der Küste verbunden ist; die über dem Basalte liegenden Tuffschichten sind nicht gleichmässig gelagert, die Schichten sind öfter gewunden und gebogen, was auf eben so viele Unregelmässigkeiten auf der Basaltdecke hinweist.

Am Capo dell'Arco selbst erreicht der Basalt seine grösste Mächtigkeit, indem dieselbe dort so bedeutend wie die Höhe der Küste ist; es liegen an jener Stelle keine Tuffschichten darüber.

Wir biegen um das Capo dell'Arco und fahren der fast geradlinigen Südküste entlang; allmählig sehen wir die Basaltdecke unter dem Meereshügel verschwinden.

Wir gelangen so zu dem Ausgange jenes ovalen Grabens, welcher ungefähr 50′ über dem Meeresspiegel liegt; die Untersuchung, welche wir von dem Meere aus, als auch von der Höhe vornahmen, ergab folgende Schichtenfolge:

1. Schwarzer, erdiger Tuff.
2. Weisse Bimssteinrapilli.
3. Brauner, breccienartiger Tuff.
4. Grauer, erdiger Tuff.
5. Bimssteinrapilli.
6. Rother Tuff.
7. Bimssteinrapilli.
8. Tuff mit Bruchstücken des porösen braunen Trachyts.
9. Gelber, peperinähnlicher Tuff.

In letzterem Gesteine fanden wir ausser den Einschlüssen von dichtem Trachyt und braunem schlackigen augitreichen Trachyt, auch noch granit-, syenit- und gabbroähnliche Gesteine, sowie auch schieferige grüne Gesteine.

Die Insel Santo Stefano.

Sie erhebt sich, nur durch einen schmalen Canal von der Insel Ventotene getrennt, steil aus dem Meere; die Küste ist durch die Meeresbrandung sehr stark zerrissen, und zeigt zahlreiche Buchten. Nur die der Insel Ventotene zugekehrte Seite ist etwas weniger schroff und neigt sich sanfter zum Meere hin, so dass der steile Absturz nur wenige Meter über dem Meeresspiegel anfängt. Auf der Höhe ist die Insel ziemlich eben; daselbst finden sich die verschiedenen Gebäude des Bagnos. Von dort führt auf der Höhe ein Weg am Rande des steilen Absturzes rings um die Insel herum.

Die Gesteine der Insel Santo Stefano.

Trachytische Lava.

Die dichte, homogene, ziemlich harte Grundmasse dieses Gesteins ist von lichtgrauer bis bläulichgrauer Farbe, und enthält nicht allzu seltene glasglänzende Krystalle, welche dem Sanidin angehören.

Unter dem Mikroskop im Dünnschliff ward auch dieses Mineral als das am häufigsten verbreitete erkannt, aber auch der Plagioklas ist sehr häufig. Ausserdem tritt der Augit in kleinen braunen Krystallen nicht selten auf, sowie ein blaues, in Prismen erscheinendes Mineral, welches noch nicht näher bestimmt werden konnte.

Die Analyse dieses Gesteins ergab folgende Resultate:

Kieselsäure	54·13
Thonerde	25·39
Eisenoxyd	1·97
Manganoxydul	Spur
Kalkerde	6·99
Magnesia	3·01
Kali	3·67
Natron	5·23
Glühverlust	1·03
	101·42

Es hat dieses Gestein dem Kieselsäuregehalt nach somit Analogien mit manchen Vesuvlaven [1], die basischer sind, und sich mehr der Zusammensetzung des Gesteins von Ventotene nähern.

Tuffe.

Die auf der Insel Santo Stefano vorkommenden Tuffbildungen sind denjenigen ganz ähnlich, welche wir von der Insel Ventotene beschrieben haben.

Es ist dies grauer erdiger Tuff und ein braunes Tuffconglomerat, ferner der rothe Tuff und Tuff mit Einschlüssen von porösem Trachyt und Bimssteintuff aus kleinen Bruchstücken von weissem oder braunem Bimsstein bestehend; dagegen kommt diejenige Bildung, welche wir mit dem Peperin verglichen haben, nicht vor.

Als oberste jüngste Bildung tritt auch hier an einigen Stellen ein kalkiges Gestein auf; es ist jedoch diese Bildung von der auf Ventotene vorkommenden dadurch etwas verschieden, dass sie mehr aus reinem, compacten Kalke besteht.

Der geologische Bau der Insel Santo Stefano.

Derselbe ist sehr einfach und dem der Insel Ventotene durchaus ähnlich; die Insel besteht aus Lavaströmen und darüber liegenden Tuffschichten. Die Lavadecke ist gegen Nordwesten geneigt, jedoch unter einem geringeren Winkel, als die der Insel Ventotene. Die Mächtigkeit ist viel bedeutender, als auf letzterer Insel; sie beträgt circa $^2/_3$ der Gesammthöhe; auf der Nordwestseite geht die Decke fast bis zur Höhe der Insel, gegen Südwesten beträgt die Mächtigkeit des Trachyts nur $^1/_3$ der Höhe; die Reihenfolge der Tuffe ist folgende:

1. Erdiger schwarzer oder grauer Tuff.
2. Bimssteinrapilli.
3. Kalkig-sandiger Tuff.

Der peperinähnliche Tuff, wie er auf Ventotene vorkommt, fehlt auf der Insel Santo Stefano ganz.

Etwas abweichend sind die Verhältnisse an einem Punkte an der Südwestküste. Es ist dies eine tiefe Schlucht, welche Dolomieu in seiner erwähnten Arbeit [2] als Krater erklärte; in der That hat sie mit einem solchen, wenigstens in der Anordnung des vulcanischen Materials, weniger allerdings in der Form, Ähnlichkeit, wie ich dies bereits in meiner vorläufigen Mittheilung über den geologischen Bau der Pontinischen

[1] Fuchs l. c. p. 550 etc.
[2] L. c. p. 52.

Inseln [1] bemerkt habe; vielleicht hat sich aber auch die Form während der Zeit, welche seit Dolomieu's Besuch verflossen ist, geändert.

Man beobachtet daselbst folgende Schichtenfolge:

1. Basaltlava.
2. Lichtgrauer, erdiger Tuff.
3. Dichter, schwarzer Tuff.
4. Lavabank.
5. Schwarzer Tuff, mit Einschlüssen von porösem, augitreichen Trachyt (das Gestein ist dem von Ventotene ganz ähnlich).
6. Weisser, erdiger Tuff.
7. Lavabank.
8. Bimssteinrapilli.
9. Kalkig-sandiger Tuff (ähnlich wie der auf Ventotene vorkommende).

Wenn wir den geologischen Bau der Inseln Ventotene und Santo Stefano ins Auge fassen, so ergibt sich für die Producte eine grosse Ähnlichkeit, oft auch Identität. Betrachtet man das Profil auf Taf. VI, so wird man die Neigung der beiden Lavadecken und der darüber liegenden Tuffschichten gegen einen zwischen beiden Inseln liegenden Punkt wahrnehmen. Der Strom von Ventotene ist gegen ONO. geneigt, der von der Insel Santo Stefano gegen SW.

Es deuten manche Verhältnisse auf einen innigen Zusammenhang zwischen beiden; es sind nach meiner Ansicht Überreste eines grossen Kraters, welcher auch nach Norden und Süden, wenigstens durch Tuffschichten geschlossen war, und durch spätere Einflüsse der Denudation der Canal von Santo Stefano entstand. Angenommen jedoch, es wären zwei Öffnungen gewesen, aus welchen die beiden Inseln sich gebildet haben, so müssen sie doch ziemlich gleichzeitig bestanden haben, wofür die Identität der Tuffe spricht; jedoch scheinen die beiden Lavaströme von Ventotene und Santo Stefano nicht gleichzeitig entstanden zu sein, da der eine davon mehr zu den sauren trachytischen Laven gehört, während der andere aus basaltischer Lava besteht.

Die Eruptionen scheinen später mehr gegen Westen sich getragen zu haben, wenigstens dürfte dies das Fehlen der obersten Tuffschichten des peperinähnlichen Gesteins (mit den Einschlüssen von Syenit, Granit etc.) auf der Insel Santo Stefano andeuten.

Die von Dolomieu als Krater angesprochene Höhlung dürfte vielleicht als ein Seitenkrater zu betrachten sein; möglich wäre es indessen, dass es der Hauptkrater war, aus dem S. Stefano sich bildete.

Das Vorkommen von Mineralaggregaten, wie sie am Monte Somma und im Albaner Gebirge vorkommen, verdient ebenfalls unsere Aufmerksamkeit. Schon die Ähnlichkeit im Bau mit den Tuffvulcanen der phlegraeischen Felder und mit Procida deutet auf einen Zusammenhang dieser Bildungen mit jenen hin; das Vorkommen von peperinähnlichem Gestein auf Ventotene, welcher Tuff Einschlüsse von Gesteinen enthält, die sehr viel Ähnlichkeit mit denen des neapolitanischen Districtes haben, bestätigen dies; das Vorkommen der Somma-Mineralien endlich weist einen Zusammenhang wenigstens in den Bruchlinien nach. Natürlich ist es unnöthig, dies als einen Beweis für jene Ansicht anzusehen, welche behauptete, dass zwischen der Insel Ischia und der Somma ein directer Zusammenhang existirt hat, denn die Selbstständigkeit des Vulcans Ventotene—Santo Stefano ist unzweifelhaft.

Wir kommen nun auf jene Theorie zurück, welche wir bereits früher angedeutet haben, nämlich die des Zusammenhanges der ligurischen Alpen mit den älteren Gebirgen Calabriens,

[1] Sitzungsberichte der kais. Akademie der Wissenschaften. 1875. Jännerheft.

Pilla behauptete zuerst den unterirdischen Zusammenhang der Alpen bei Genua, der alten Gebirge Calabriens, sowie der Trümmer älteren Gebirges an der Westküste der Halbinsel. Das Vorkommen von feinkörnigem Anagenit und rothem Sandstein in den Conglomeraten der Somma wurde von ihm als ein Beweis dafür angesehen, „dass unter den Bergen der Campania die Formationen der toscanischen Maremmen verborgen seien, welche sich in der Tiefe bis Castrovillari und Calabrien fortsetzen".

Diese Ansicht wird von Suess [1] durch eine Besprechung und Darlegung des Baues der calabrischen Halbinsel näher für Süd-Italien begründet.

Wir können dafür zwei weitere Belege bringen.

Der erste liegt in der Auffindung von älteren Eruptivgesteinen in den Tuffen der Insel Ventotene, welche auf das unterseeische Vorkommen eines Stockes älteren Eruptivgebirges, wahrscheinlich ähnlich dem von Elba hinweist.

Einen weiteren Beweis finden wir in dem Vorkommen des abgerissenen Gebirgsstückes auf Zannone, welches hauptsächlich aus Sedimenten der paläozoischen Epoche besteht. Auch das Fallen und Streichen spricht dafür, denn gegen das Festland zu folgen jüngere Gebilde. Die Insel Zannone und die Insel Ventotene liegen ziemlich genau in der Linie Genua—Elba—Silla.

Alle diese Umstände bestätigen die Ansicht, dass am Südwestabhang des Appennins ein gewaltiges Senkungsfeld liegt.

Rückblick.

Die Gruppe der im Tyrrhenischen Meere an der Westküste der Provinz Gaëta gelegenen Pontinischen Inseln besteht aus den fünf Inseln: Ponza, Palmarola, Zannone, Ventotene und Santo Stefano. Sowohl ihrer geographischen Lage nach, als auch noch mehr wegen ihrer geologischen Beschaffenheit müssen die beiden letzteren von den drei ersteren Inseln getrennt werden.

Diese sind die älteren, jene die jüngeren Bildungen. Durch die Beschaffenheit des eruptiven Materials und durch die Anordnung desselben sind die Ponza-Vulcane von denen des italienischen Festlandes, insbesondere des neapolitanischen Vulcandistrictes wesentlich verschieden; am meisten haben sie Ähnlichkeit mit den euganeischen Vulcanen; die Periode ihrer Thätigkeit dürfte wohl zu Ende der Tertiärzeit stattgefunden haben; heutzutage finden wir auf denselben kein einziges Zeichen vulcanischer Thätigkeit mehr; dieselbe scheint schon lange vor der historischen Epoche aufgehört zu haben, und höchstens in den Erdbeben könnten wir noch einige Nachwirkungen derselben sehen.

Die grösste der fünf Inseln, „Ponza", welche die Form eines weiten Bogens hat, ist gebildet aus einem nur wenig breiten, circa 7 Miglien langen, fast überall steil gegen das Meer abfallenden Gebirgsrücken.

Sie besteht aus einer mächtigen Decke von Trachytbreccie, welche von Gängen verschiedener trachytischen Gesteinen durchbrochen wird. Wir erkannten, dass diese verschiedenen Gänge so ziemlich alle auf zwei an der Ostküste gelegenen Eruptionscentra zurückzuführen sind, das eine davon ist der Hafen von Ponza, den schon Dolomieu als Vulcan bezeichnete; das andere, etwas nördlich davon, liegt in der Nähe der, Cala del Inferno genannten Bucht. Ausserdem unterschieden wir noch einige jüngere Tuffbildungen; eine derselben, welche an dem nördlichen Ende der Insel vorkommt, hat durch Exhalation von sauren Dämpfen grosse Veränderungen erlitten.

Die Gänge, welche zumeist auf der Höhe stromartig übergeflossen sind, haben im Contact mit der Trachytbreccie breite Saalbänder von Pechstein gebildet.

---

[1] Die Erdbeben des südlichen Italiens, p. 2.

Die Insel Palmarola besteht aus einem bis 250 M. hohen, schmalen, von Nord nach Süd ziehenden Gebirgsrücken, dessen Länge ungefähr $2^1/_2$ Miglien beträgt.

Die älteste Bildung auf dieser Insel ist eine, der auf Ponza vorkommenden ganz ähnliche Trachytbreccie. Dieselbe wird von Gängen verschiedener Trachyte durchbrochen, welche wir als aus einem an der Westküste gelegenen Eruptionspunkte, der Marina di Palmarola stammend, erkannten. Die Gänge, welche ebenfalls im Contact mit der Trachytbreccie Saalbänder gebildet haben, unterscheiden sich von denen der Insel Ponza nur durch ihre bedeutendere Mächtigkeit.

Wir werden nun diese beiden Vulcane mit einigen anderen näher bekannten vergleichen. Wir sprachen schon früher die Meinung aus, dass die Vulcane des neapolitanischen Districtes und die des Albaner Gebirges mit den unseren nur wenig Ähnlichkeit haben.

In Italien kommen ihnen am nächsten die Liparen und die Euganeischen Berge. Die Liparen gehören offenbar einer jüngeren Periode an. Der Bau dieser Inseln entspricht mehr den jetzigen Vulcanen; er hat weniger Analogien mit dem unserer Inseln; mehr dagegen finden wir in den Producten. Um die Producte zweier Vulcane zu vergleichen, muss man die chemische Zusammensetzung derselben als Massstab nehmen, da nach allen bekannten Daten die Structurverhältnissse und selbst die mineralogische Zusammensetzung nur untergeordnete, mehr zufällige Factoren sind. Wir finden, wenn wir diesen Vergleich ausführen, dass die Gesteine der Ponza-Inseln sehr viel Ähnlichkeit mit denen der Liparen haben, wie dies in der beigefügten Tabelle zu sehen ist.

Sehr viele Analogien haben, wie erwähnt, unsere Vulcane mit den Euganeischen Bergen. Über letztere besitzen wir eine vor Kurzem erschienene Abhandlung von Suess [1], welche wegen der allgemeinen Fragen, die sie behandelt, von der grössten Wichtigkeit sein dürfte. Verfasser bemerkt vor Allem, wie schwer es sei, die Lage der alten tertiären Vulcane zu bestimmen. Ein Vulcan besteht der Hauptsache nach aus lockerem Haufwerk von Asche und Auswürflingen, nur von einem Gezimmer von Lava-Güssen oder Gängen durchzogen; wenn man die zerstörenden Wirkungen der Denudation aufmerksam betrachtet, kommt man zu dem Resultate, dass ein solcher alter Vulcan sich schliesslich nur noch in einem Systeme von grossen, mehr oder minder strahlenförmig gestellten Lavagängen zeige, welche wie Mauern aus dem leichter zerstörbaren Materiale des Kegels aufragen mögen.

Wir haben schon in der vorläufigen Mittheilung [2] über diesen Gegenstand ausgesprochen, dass die beiden Ponza-Inseln strahlenförmig gebaute Vulcane sind, deren festes Gezimmer aus einer grossen Anzahl von Trachytgängen besteht. Als wirklichen Strom haben wir auf Ponza nur den La Guardia-Trachyt, während auf Palmarola gar keiner vorkommt. Die Gänge herrschen vor.

Es ist von der grössten Wahrscheinlichkeit, dass wir auch in anderen altvulcanischen Gegenden, insbesondere aber bei den Tertiärgesteinen solche Eruptionscentra auffinden können werden. Die beispielsweise für jene vulcanischen Bildungen, welche wir an dem Südrande der Karpathen finden, von manchen Forschern, namentlich von Richthofen vertretene Ansicht, als verdankten jene aus trachytischen Gesteine bestehenden Gebilde sogenannten Masseneruptionen ihre Entstehung, muss wohl als unhaltbar verlassen werden.

Wenn jene Gebirge sich als lange Züge von trachytischen Gesteinen darbieten, so rührt das von dem Umstande her, dass sie die Überreste der Ergüsse einer Reihe von Vulcanen sind, welche in einer geraden Linie gelegen sind; dabei mussten jene Ströme und Gänge, welche senkrecht auf der Centralspalte stehen, viel mehr der Denudation ausgesetzt sein, als diejenigen, welche nur wenig von derselben abweichen. Die Folge davon ist, dass wir jetzt nur noch Züge dieser Gesteine erkennen werden; dies ist der Fall im Tokaj-Eperieser Gebirge, im siebenbürgischen Erzgebirge und anderen ungarischen Trachytgebieten, deren Gesteine wir selbst mit den unseren vergleichen werden.

---

[1] Sitzungsberichte der kais. Akademie der Wissenschaften. Jännerheft 1875.

[2] L. c. p. 8.

Die Gesteine der Ponza-Inseln, als Rhyolith, Obsidian, Trachytbreccie, Pechstein, Lithoidit etc. gehören zu den sauersten der Trachytfamilie, und nur ein einziges basisches Gestein ist uns von dort bekannt, der La Guardia-Trachyt.

Es ist eine fast überall zu beobachtende Thatsache, dass in sämmtlichen Vulcanen saure Eruptionen sowohl als auch basische stattgefunden haben, so in den Euganeen, auf den Liparen, im neapolitanischen Vulcan-Districte, in den ungarischen Trachytgebirgen, in den meisten älteren Eruptivgebieten. Dabei lässt sich kein allgemeines Gesetz herausfinden, ob die sauren die älteren Gesteine waren, oder die jüngeren.

Es ist dies natürlich nicht in allen vulcanischen Districten gleich.

Wir haben mit einiger Sicherheit zu beweisen versucht, dass der stromartig am Monte La Guardia vorkommende Trachyt jünger sei, als die übrigen Massengesteine des Ponza-Vulcans; es ist demnach hier das basische Gestein das letzte. Ebenso verhält es sich im Vesuv- und Somma-Gebirge, wo bekanntlich nur noch basische Laven ausströmen. In den Euganeen dagegen sollen die sauren Gesteine jünger sein; in den ungarisch-siebenbürgischen Trachytgebirgen sind die sauren Gesteine die älteren.

Gewöhnlich findet bei Vulcanen zwischen den Eruptionen der sauren Producte und denen der basischen eine grössere Pause statt, denn wir sehen, dass sich in historischen Zeiten die chemische Zusammensetzung der Producte nicht geändert hat, so am Vesuv, auf Ischia, im Albaner Gebirge. Dieselbe Übereinstimmung der chemischen Zusammensetzung zeigen unter einander die verschiedenen Gesteine der Ponza-Inseln: Rhyolith, Lithoidit, Obsidian, Pechstein.

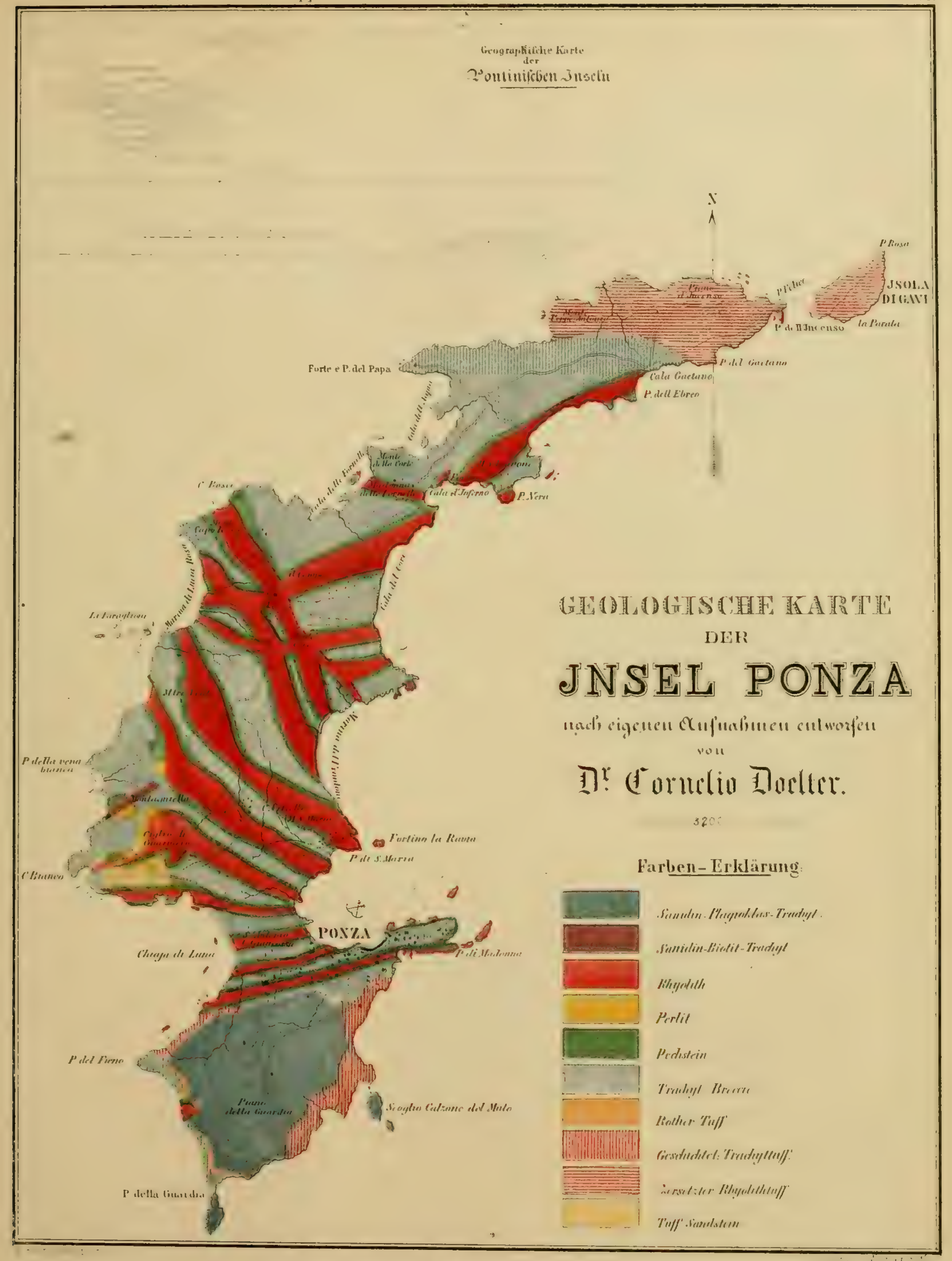
Die Gesteine der Ponza-Inseln sind im Allgemeinen etwas basischer als die Euganeen, welche letztere zu den sauersten gehören, die bis jetzt bekannt sind.

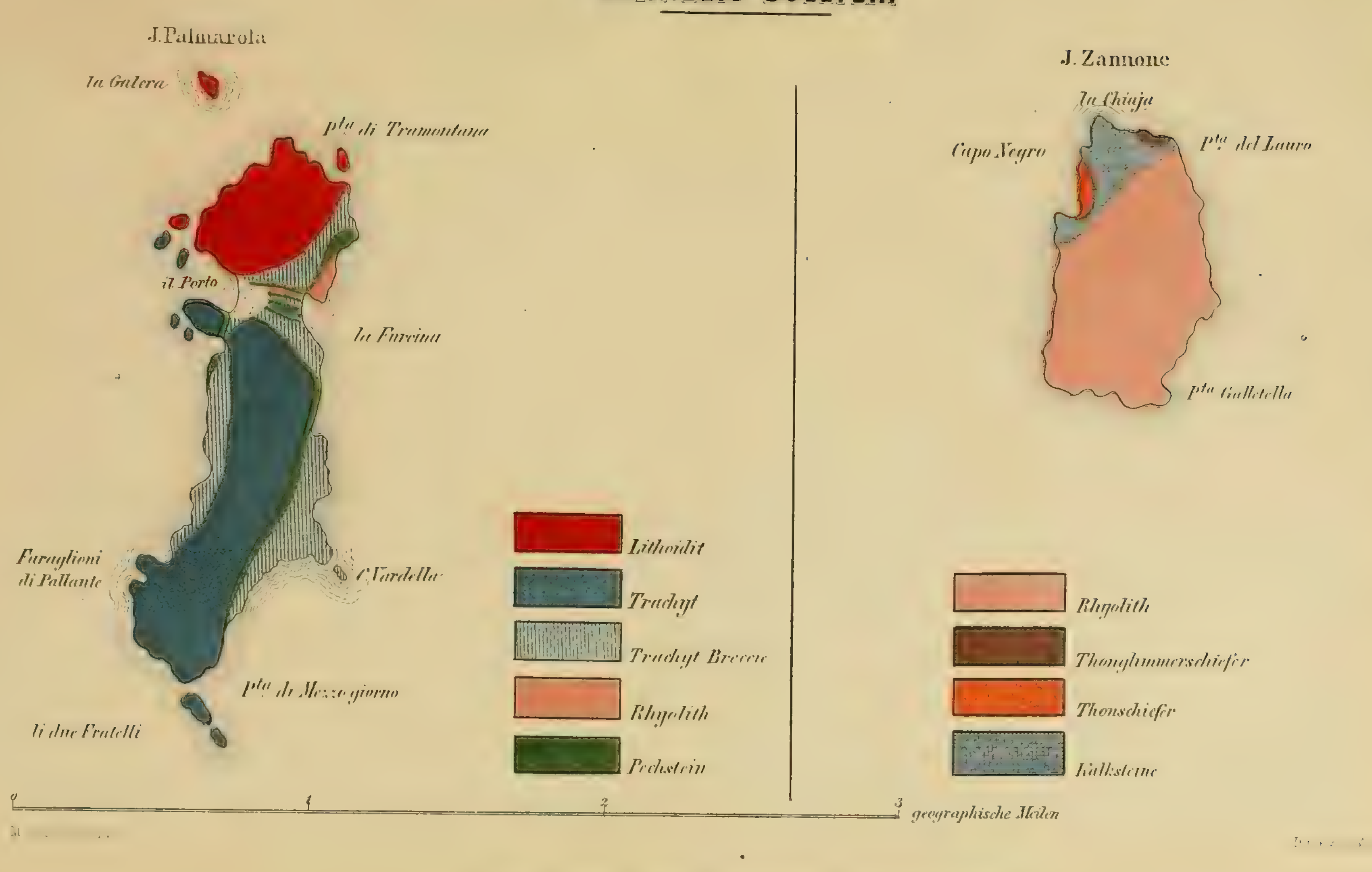
Viel Ähnlichkeit mit dem ersteren Gesteine haben petrographisch und chemisch die siebenbürgisch-ungarischen Trachyte; sie haben mit ihnen jene eigenthümliche lithoidische Beschaffenheit gemein, welche die ungarischen Rhyolithe charakterisirt; besonders im Tokaj-Eperieser Gebirge haben wir ganz ähnliche Bildungen in den Umgebungen der Ortschaften Telkibánya Szántó, Ujhely und Tokaj; auch chemisch stimmen dieselben überein, wie die unten angefügte Tabelle zeigt.

In der nachfolgenden Tabelle geben wir eine Zusammenstellung von Gesteinen der Euganeen, der Ponza-Inseln und der Liparen.

	Rhyolith von Ponza (Abich)	Rhyolith von Ponza (Doelter)	Pechstein von Ponza (Doelter)	Obsidian von Palmarola (Doelter)	Lithoidit von Palmarola (Abich)	Pechsteinporphyr vom Monte Sieva (v. Rath)	Sanidintrachyt vom Monte Rosso (v. Rath)	Monte Venda-Rhyolith (v. Rath)	Rhyolith vom Monte Guardia (Lipari) (Abich)	Obsidian von Lipari (Abich)
SiO_2	73·46	71·12	68·99	70·01	74·54	71·46	65·31	76·03	68·35	74·05
Al_2O_3	13·05	14·58	13·78	17·63	12·37	14·28	15·14	13·32	13·92	12·97
Fe_2O_3	1·49	1·69	0·75	0·56	1·74	.	.	.	2·28	2·73
FeO	.	.	.	.	.	1·40	5·10	1·74	.	.
MnO	Spur	Spur	.	.	0·10	.	.	.	.	.
CaO	0·45	1·50	2·01	0·81	0·34	0·39	3·33	0·85	0·84	0·12
MgO	0·39	0·15	0·15	0·11	0·24	0·23	1·50	0·30	2·20	0·28
K_2O	4·39	6 01	8·01	6·55	3·68	1·88	4·08	3·83	3·24	5·11
Na_2O	6·28	2·26	2·99	3·92	4·86	3·42	5·31	5·29	4·29	3·88
Glühverlust	.	0·95	2·98	0·54	0·20	6·11	0·36	0·32	4·64	0·22 [1]
Summa . .	99·51	99·26	99·66	100·13	99 27	99·17	100·23	101·68	99·76	99·87

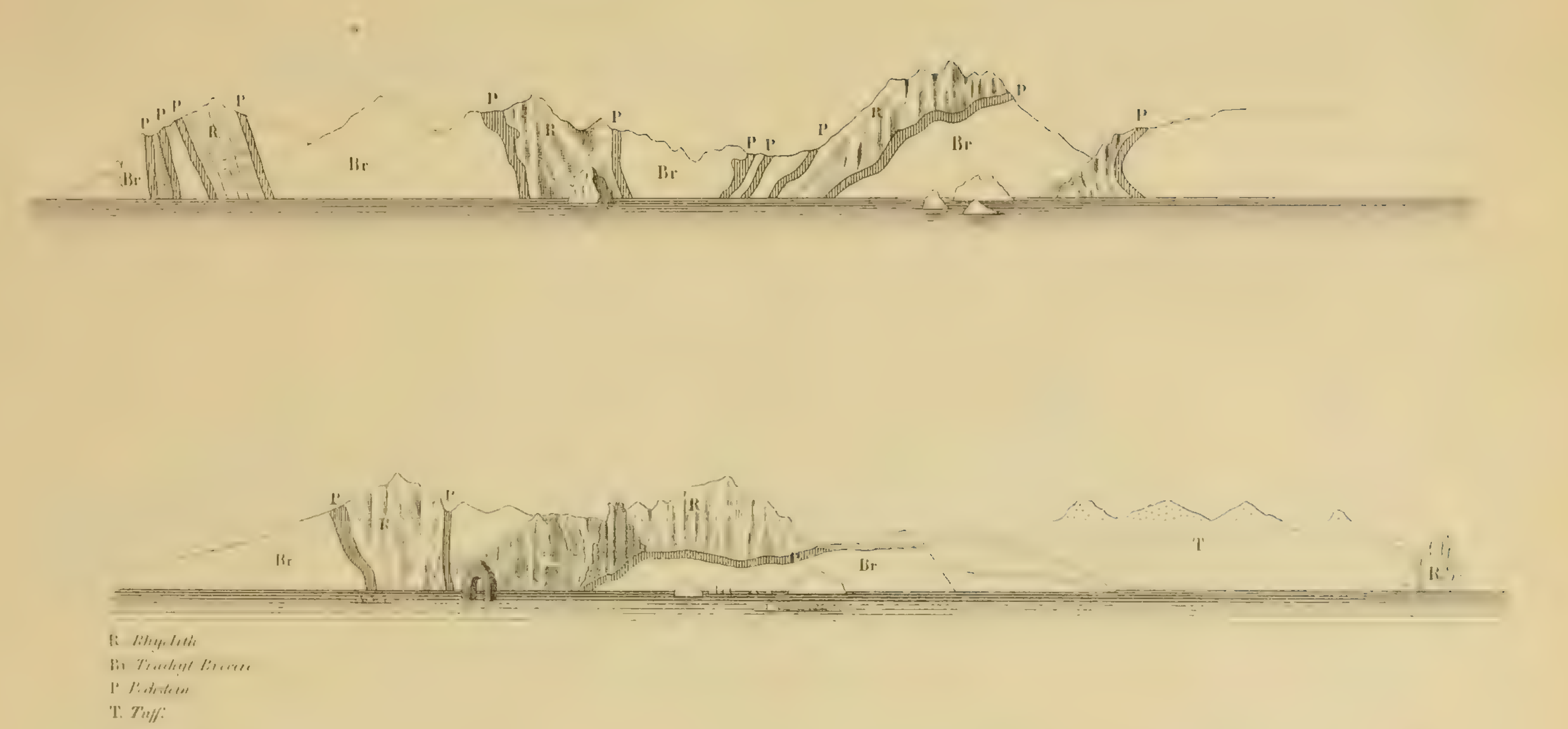
[1] NaCl 0·51.


Geographische Karte der Pontinischen Inseln
GEOLOGISCHE KARTE DER JNSEL PONZA
nach eigenen Aufnahmen entworfen von
Dr. Cornelio Doelter.
Farben-Erklärung:
Sanidin-Plagioklas-Trachyt
Sanidin-Biotit-Trachyt
Rhyolith
Perlit
Pechstein
Trachyt Breccie
Rother Tuff
Geschichtet. Trachyttuff
Zersetzter Rhyolithtuff
Tuff Sandstein
JSOLA DI GAVI
P. Rosa
la Parata
P. del Gaetano
Cala Gaetano
P. dell Ebreo
Forte e P. del Papa
P. Nera
Cala d'Inferno
C. Bosco
Le Faraglioni
P. della vena bianca
C. Bianco
Fortino la Rama
PONZA
Chiaja di Luna
P. di Madonna
P. del Fieno
Piano della Guardia
Scoglio Calzone del Muto
P. della Guardia
N


GEOLOGISCHE KARTE
der Inseln Palmarola und Zannone
entworfen von
CORNELIO DOELTER.
J. Palmarola
la Galera
Pta di Tramontana
il Porto
la Furcina
Faraglioni di Pallante
C. Vardella
Pta di Mezzogiorno
li due Fratelli
Lithoidit
Trachyt
Trachyt Breccie
Rhyolith
Pechstein
J. Zannone
la Chiaja
Capo Negro
Pta del Lauro
Pta Galletella
Rhyolith
Thonglimmerschiefer
Thonschiefer
Kalksteine
0
1
2
3
geographische Meilen



Ansicht der Ostküste von Ponza



R. Rhyolith
Br. Trachyt Breccie
P. Pechstein
T. Tuff.



Fig. 1.

Ansicht der Ostküste des Monte della Guardia.

Fig. 2.

Ansicht der Bucht v. Chiaja di Luna

ST. *Sanidin-Plagioklas-Trachyt*
R. *Rhyolith.*
P. *Pechstein.*
Br. *Trachyt-Breccia.* [illegible]
GT. *Geschichteter Tuff.*
RT. [illegible]
TS. [illegible]





Fig I.

Ansicht der Insel Palmarola (Ost-Küste)

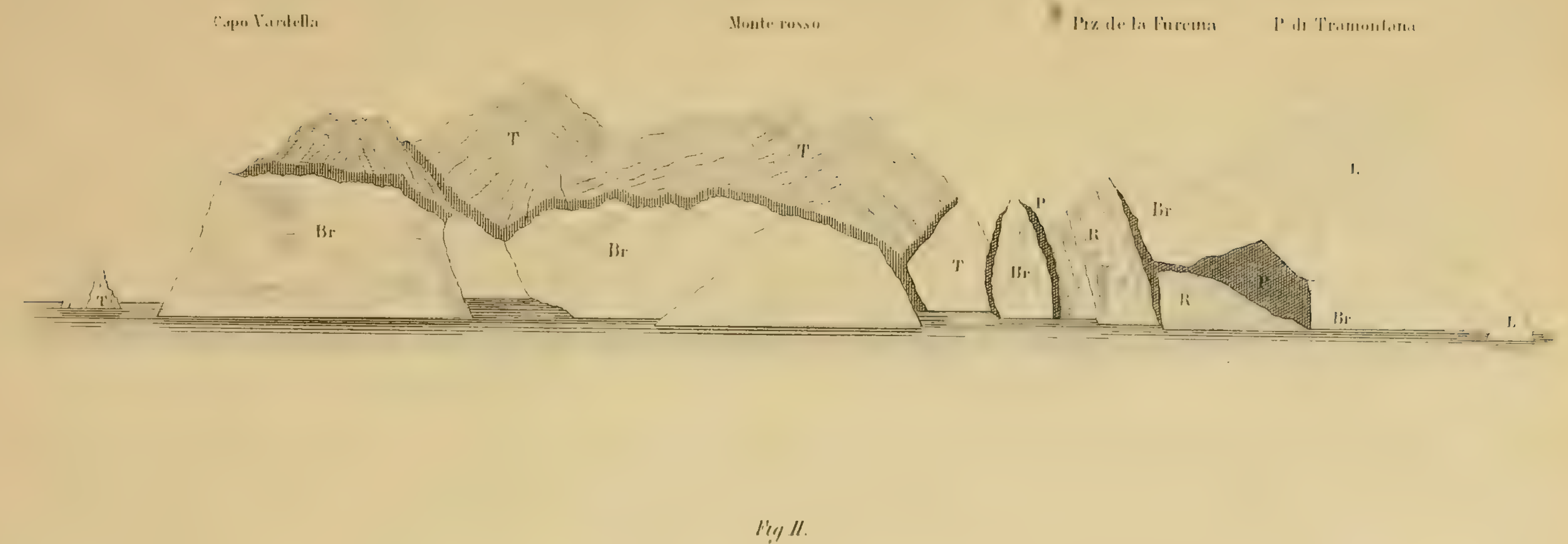
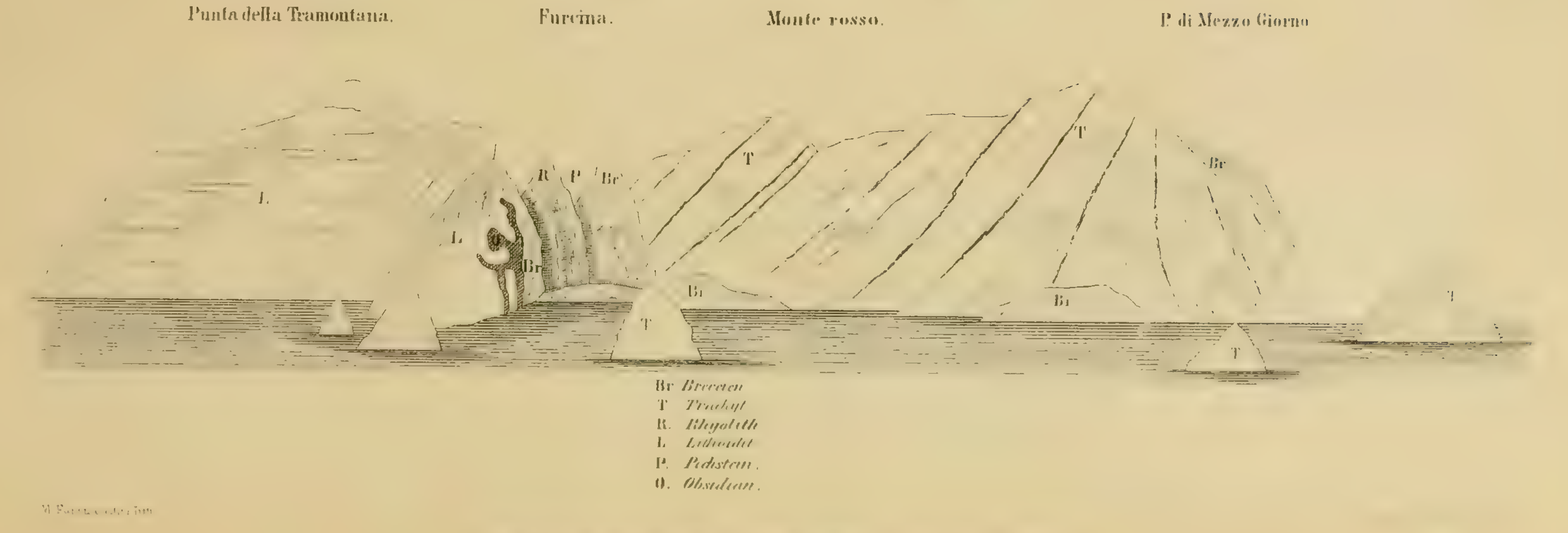


Fig II.

Ansicht der Insel Palmarola (West Küste)



Br *Breccien*
T *Trachyt*
R. *Rhyolith*
L. *Lithoidit*
P. *Pechstein.*
O. *Obsidian.*





Fig I

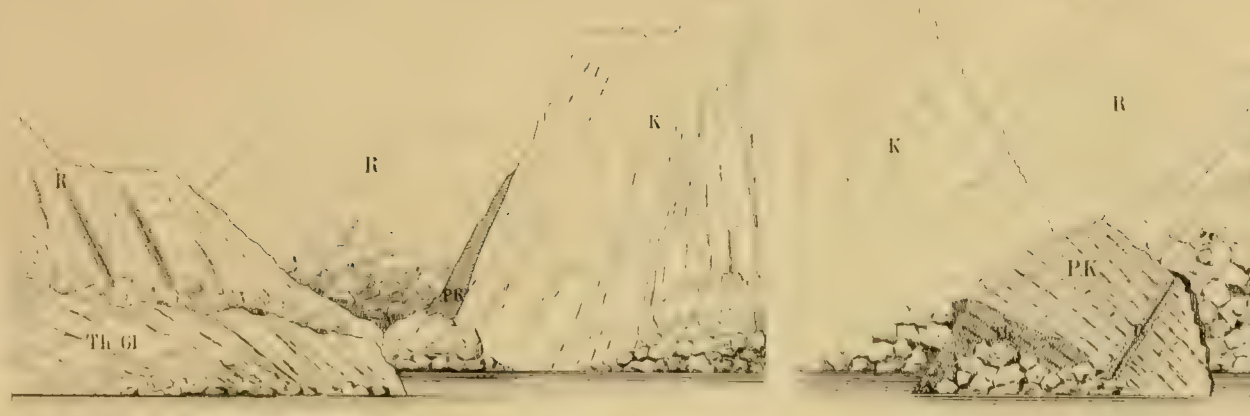
Ansicht der Westküste von Zannone

Coltellaggaro

Fig II

Ansicht der Nordküste von Zannone.

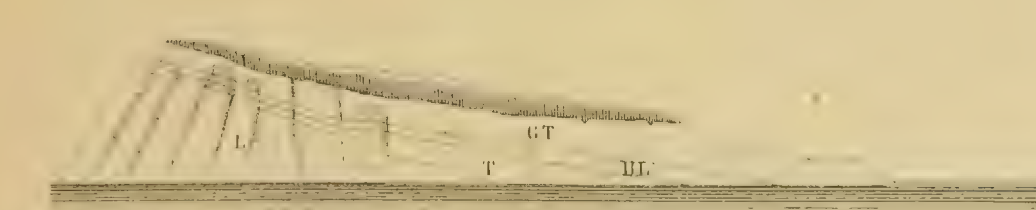
Asta de la Bandera



Th Gl *Thonglimmerschiefer*
Th. *Thonschiefer*
PK *Plattenkalk.*
K *Kalk*
R *Rhyolith*

Fig III

Ansicht der Inseln Ventotene und S. Stefano.



Tr *Trachyt.*
L *Basaltische Lava*
T. *Tuff.*
B L *Bimsstein Lapilli*
G T *Gelber Tuff.*



Die Inseln Ponza und Palmarola sind die Überreste strahlenförmig gebauter Vulcane, welche während der jüngeren Tertiärzeit thätig waren und Producte zu Tage förderten die mit jenen der Euganeen, Liparen und der ungarischen vulcanischen Gebirge viel Ähnlichkeit zeigen.

Die Insel Zannone, welche die nördlichste der hier betrachteten Inseln ist, ist auch die einzige, welche nur zum Theile aus vulcanischem Materiale besteht; es ist dies eine Rhyolithmasse, die gangförmig auftritt und aller Wahrscheinlichkeit nach aus dem nordöstlichen Thale von Ponza ihren Ursprung genommen hat. Das nördliche Ende der Insel besteht aus älteren Kalk- und Schiefermassen, von denen wohl der grösste Theil zur paläozoischen Formation gehört.

Das Vorkommen eines Stückes älterer Gebirge auf Zannone, sowie das Vorkommen der alten Eruptivgesteine in den Tuffen von Ventotene bestätigen die Ansicht des unterseeischen Zusammenhanges der älteren Gebirge Calabriens mit den Alpen bei Genua.

Die Inseln Ventotene und Santo Stefano sind verschieden von den besprochenen drei Inseln. Sie gehören aller Wahrscheinlichkeit nach einem und demselben grösseren Vulcane an, wofür die grosse Ähnlichkeit mit den Tuffbildungen, welche oft auch ganz ident sind, spricht, dagegen sind die beiden Lavaströme, welche die feste Unterlage der Tuffbildungen bilden, chemisch etwas verschieden; die auf Ventotene vorkommende Lava gehört zu den basaltischen, und ist also mineralogisch von denen, die am Vesuv vorkommen, verschieden, hat aber ihrer chemischen Zusammensetzung nach viel Ähnlichkeit mit denselben.

Sie gehören sowohl ihrem geologischen Bau als auch ihren Producten nach einer anderen Periode an, als die Ponza-Vulcane, ihre Eruptionsepoche fällt wahrscheinlich in die ersten Anfänge der Jetztzeit.

INHALT.

DAS

INDEPENDENTE BILDUNGSGESETZ DER KETTENBRÜCHE.

VON

Dr. SIEGMUND GÜNTHER,

DOCENT AN DER POLYTECHNISCHEN SCHULE IN MÜNCHEN.

VORGELEGT IN DER SITZUNG DER MATHEMATISCH-NATURWISSENSCHAFTLICHEN CLASSE AM 14. OCTOBER 1875.

Nahezu unzählbar ist die Menge der Versuche, welche man angestellt hat, um das independente Bildungsgesetz der Näherungswerthe eines Kettenbruches allgemein zu eruiren, allein noch scheint es zur Zeit nicht gelungen zu sein, dieses Ziel endgiltig zu erreichen. Fassen wir diese Versuche sämmtlich zusammen, so können wir drei wesentlich verschiedene Kategorien unterscheiden, unter welche sich dieselben subsumiren lassen.

I. Ältere Mathematiker, unter ihnen besonders Euler und Hindenburg, hielten die analytischen Formen, über welche die Wissenschaft ihrer Zeit disponirte, nicht für ausreichend, um das Problem zu bewältigen, und schufen sich zu diesem Zwecke neue Symbole. So entstanden Euler's Kettenbruch-Algorithmen, so wandte die combinatorische Schule ihre neu eingeführten Involutionen mit besonderer Vorliebe auf die continuirlichen Brüche an. Die Geschichte dieser Epoche haben wir bereits bei einer früheren Gelegenheit 1) ausführlich verfolgt; sie lehrt uns, dass all diese Methoden, so geistreich sie waren[1] und so gefügig sie sich theilweise für die praktische Anwendung gestalteten, vom theoretischen Standpunkte aus doch nur als Nothbehelfe gelten konnten. Denn ehe man ihnen einen wirklich abschliessenden Charakter zuertheilen konnte, hätte doch nothwendigerweise erst bewiesen sein müssen, dass mit den gewöhnlichen Hilfsmitteln der Analysis in der That nicht auszureichen sei. Allein ein solcher Beweis ward nie zu leisten versucht, und so musste

---

[1] Das Wesen des Hindenburg'schen Verfahrens zu verdeutlichen, möge hier eine historisch höchst interessante Stelle eingeschaltet werden. Die unerschöpfliche Bibliothek des Fürsten Boncompagni in Rom enthält ein analytisches Manuscript, welches dem Ende des vergangenen Jahrhunderts entstammt, allen Anzeichen nach sogar dem Beginne der combinatorisch-analytischen Bewegung. Es repräsentirt uns somit die Anschauungen Hindenburg's in ungetrübter Reinheit. Die betreffende Stelle (S. 119 der Handschrift) lautet:

„Forme $$\cfrac{1}{a + \cfrac{1}{b + \cfrac{1}{c + \text{etc.}}}}$$

Problem I. Datam fractionem continuam dictae formae reducere simplicem.

die Frage offen bleiben, ob in den Euler-Hindenburg'schen Symbolisirungen die bestehenden Schwierigkeiten gelöst oder nicht vielmehr blos umgangen waren.

II. Beginnend mit Binet fasste eine zweite Classe von Mathematikern die Aufgabe in einem anderen universelleren Sinne. Es handelte sich für sie darum, ganz allgemein lineare Differenzengleichungen zu integriren; gelang dies, so war auch das uns hier beschäftigende Problem gelöst, wenn auch nicht ganz in dem von uns zu normirenden Sinne. Um den Charakter dieser Gattung von Untersuchungen zu fixiren, erinnern wir an die Lösung von Zehfuss 2), welche uns die vollkommenste dünkt. Er betrachtet die lineare trinomische Gleichung

$$y_{x+2} = y_{x+1} + p_x y_x$$

und findet als deren allgemeines Integral das folgende

$$y_x = p_0 y_0 \int_0^{1^{(x-2)}} P_{2,x}\, da_2\, da_3 \ldots da_{x-1} + y_1 \int_0^{1^{(x-1)}} P_{1,x}\, da_1\, da_2 \ldots da_{x-1},$$

wo y_0 und y_1 die willkürlichen Constanten, $P_{1,x}$ und $P_{2,x}$ aber gewisse Functionen der $(x-1)$ unabhängig veränderlichen Grössen

$$a_1, a_2 \ldots a_{x-1}$$

bedeuten. Dass wirklich diese Formulirung dasselbe leistet, erhellt sofort, wenn man erwägt, dass bei der Auflösung des obigen Systemes jedes einzelne y als ein Quotient zweier Determinanten von der Form

$$\begin{vmatrix} 1 & \sqrt{p_a} & 0 & . & . & . & 0 \\ \sqrt{p_a} & 1 & \sqrt{p_{a+1}} & . & . & . & 0 \\ 0 & \sqrt{p_{a+1}} & 1 & . & . & . & 0 \\ . & . & . & . & . & . & . \\ . & . & . & . & . & . & \end{vmatrix}$$

Ut lex progressus appareat construantur involutiones sequentes:

I^ma

b	c	d	e	f	g	h
	1	d	e	f	g	h
		b	e	f	g	h
		b	c	f	g	h
			1	f	g	h
		b	c	d	g	h
				d	g	h
				b	g	h
		b	c	d	e	h
				d	e	h
				b	e	h
				b	c	h
					1	h

etc.

II^da

c	d	e	f	g	h
	1	e	f	g	h
		c	f	g	h
		c	d	g	h
			1	g	h
		c	d	e	h
				e	h
				c	h
		c	d	e	f
				e	f
				c	f
				c	d
					1

etc.

...Quibus divisis symbolis exprimet ur

$$\frac{1}{a} + \frac{1}{b} + \ldots + \frac{1}{h} = \frac{[b\,c\ldots h]\,\Sigma}{ax\,[bc\ldots h]_\Sigma + [cd\ldots h]_\Sigma}.\text{“}$$

sich darstellen lässt, oder was dasselbe besagt, dass die Entwickelung jedes trinomischen Systemes auf einen gewöhnlichen Kettenbruch führt[1].

Eine gewisse Eleganz und Einfachheit wird man diesem Verfahren, wie wir es in kurzen Zügen hier vorführten, gewiss nicht absprechen können, aber durchsichtig ist dasselbe nicht. Die explicite Darstellung der Functionen P ist complicirt, und die eigentliche Gesetzmässigkeit in der Bildung der Ausdrücke nur schwer erkenntlich.

III. Gewissermassen als Vervollkommnung der in Classe I charakterisirten Bemühungen erscheint die Zurückführung der Näherungswerthe auf das vollendetste combinatorische Symbol: auf die Determinante. Wir haben in der oben namhaft gemachten Schrift den Nachweis geführt, wie sich unter den Händen von Ramus, Spottiswoode und Heine allmälig eine consequente Transformationsmethode ausbildete, welche durch neuere Forschungen nunmehr eine solche Ausbildung erhalten hat, dass jedes Einzelproblem der Kettenbruchlehre in naturgemässester Weise durch eine Determinanten-Umformung erledigt werden kann. Allein trotz all dieser praktisch nicht hoch genug anzuschlagenden Vorzüge wird sich nicht leugnen lassen, dass für das eigentliche Bildungsgesetz der Näherungsbrüche die Determinanten ebenso wenig Aufschluss gewähren, als die mancherlei anderen Formen, welche man zu diesem Zwecke in Vorschlag gebracht hat.

Nachdem man aber wusste, dass der Nenner des Kettenbruches

$$\cfrac{b_1}{a_1 + \cfrac{b_2}{a_2 + \dots + \cfrac{b_n}{a_n}}}$$

der symmetralen Determinante

$$\begin{vmatrix} a_1 & -\sqrt{b_2} & 0 & . & . & . & 0 & 0 \\ \sqrt{b_2} & a_2 & -\sqrt{b_3} & . & . & . & 0 & 0 \\ 0 & \sqrt{b_3} & a_3 & . & . & . & 0 & 0 \\ . & . & . & . & . & . & . & \\ 0 & 0 & 0 & . & . & . & a_{n-1} & -\sqrt{b_n} \\ 0 & 0 & 0 & . & . & . & \sqrt{b_n} & a_n \end{vmatrix}$$

gleich sei, lag es nahe, auf diese letztere die bekannten Zerlegungssätze für solche Determinanten zur Anwendung zu bringen. Dieser Gedanke findet sich in einer Abhandlung von Studnička 4) durchgeführt; da jedoch daselbst die Diagonalelemente nicht sämmtlich unter einander gleich sind, so konnte das Resultat keine so concise Form gewinnen, als zu wünschen gewesen wäre. Es wird daher nöthig sein, diese Gleichheit vorher herbeizuführen, und wir erreichen dies vermittelst des bekannten Satzes, dass man je zwei Theilnenner und den zwischenliegenden Theilzähler eines Kettenbruches mit einer willkürlichen Zahl ($\gtrless 0$) multipliciren darf, ohne dessen Werth zu verändern.

Mit Rücksicht hierauf ist

$$\frac{P_n}{Q_n} = \cfrac{b_1}{a_1 + \cfrac{b_2}{a_2 + \cfrac{b_3}{a_3 + \dots + \cfrac{b_{n-1}}{a_{n-1} + \cfrac{b_n}{a_n}}}}} = \cfrac{\frac{b_1}{a_1}}{1 + \cfrac{\frac{b_2}{a_1 a_2}}{1 + \cfrac{\frac{b_3}{a_2 a_3}}{1 + \dots + \cfrac{\frac{b_n}{a_{n-1} a_n}}{1}}}}.$$

---

[1] Ganz ebenso führt, wie Fürstenau 3) kürzlich dargethan hat, jedes System recurrenter Gleichungen, in welchem allgemein p Unbekannte linear verknüpft erscheinen, auf einen Kettenbruch der $(p-2)$ten Ordnung, wenn wir unter einem

also

$$Q_n = \begin{vmatrix} 1_{(1)} & -\sqrt{\frac{b_2}{a_1 a_2}} & 0 & \cdots & 0 & 0 \\ \sqrt{\frac{b_2}{a_1 a_2}} & 1_{(2)} & -\sqrt{\frac{b_3}{a_2 a_3}} & \cdots & 0 & 0 \\ 0 & \sqrt{\frac{b_3}{a_2 a_3}} & 1_{(3)} & \cdots & 0 & 0 \\ \cdot & \cdot & & \cdots & \cdot & \cdot \\ 0 & 0 & 0 & \cdots & 1_{(n-1)} & -\sqrt{\frac{b_n}{a_{n-1} a_n}} \\ 0 & 0 & 0 & \cdots & \sqrt{\frac{b_n}{a_{n-1} a_n}} & 1_{(n)} \end{vmatrix}$$

und

$$P_n = \frac{b_1}{a_1} \cdot \frac{\partial Q_n}{\partial 1_{(1)}}.$$

Halten wir dies fest, so stellt sich die Aufgabe, welche wir zu lösen haben, als Unterfall der folgenden heraus:

Es soll die symmetrale Determinante

$$\Delta \equiv \begin{vmatrix} z & -\alpha_1 & 0 & \cdot\ \cdot & 0 & 0 \\ \alpha_1 & z & -\alpha_2 & \cdot\ \cdot & 0 & 0 \\ 0 & \alpha_2 & z & \cdot\ \cdot & 0 & 0 \\ \cdot & \cdot & \cdot & \cdot & \cdot & \cdot \\ 0 & 0 & 0 & \cdot\ \cdot & z & -\alpha_{m-1} \\ 0 & 0 & 0 & \cdot\ \cdot & \alpha_{m-1} & z \end{vmatrix}$$

in eine nach Potenzen von z fortlaufende Reihe entwickelt werden, so zwar, dass jeder Coëfficient einer Potenz von z in geschlossener Form gegeben werde.

Unter geschlossener Form verstehen wir einen algebraischen Ausdruck, in welchen Symbole, mit Ausnahme des gewöhnlichen Summenzeichens, nicht eingegangen sein dürfen. Um von der allgemeinen Aufgabe zum speciellen Falle des Kettenbruches zurückzukehren, hat man einfach

$$z = 1\,, \quad \alpha_p = \sqrt{\frac{b_{p+1}}{a_p\, a_{p+1}}}$$

zu setzen.

Den Coëfficienten von z^{m-q} findet man bekanntlich, indem man alle condiagonalen[1] Unter-Determinanten $q$ten Grades der Determinante

$$\Delta' \equiv \begin{vmatrix} z & -\alpha_1 & \cdot\ \cdot & 0 & 0 \\ \alpha_1 & 0 & \cdot\ \cdot & 0 & 0 \\ \cdot & \cdot & \cdot\ \cdot & \cdot & \cdot \\ 0 & 0 & \cdot\ \cdot & 0 & -\alpha_{m-1} \\ 0 & 0 & \cdot\ \cdot & \alpha_{m-1} & 0 \end{vmatrix}$$

Kettenbruch der ersten Ordnung den gewöhnlichen verstehen. Bei einem Kettenbruch der zweiten Ordnung ist jeder einzelne Theilnenner und Theilzähler selbst wieder ein Kettenbruch der ersten Ordnung, und in dieser Weise schreitet die Bildung fort.

[1] Wir nennen eine Unter-Determinante dann mit der ursprünglichen condiagonal, wenn ihre Diagonal-Elemente sämmtlich in der Diagonale der Haupt-Determinante vorkommen.

summirt. Die Diagonalen dieser Determinanten sind demnach sämmtlich durch Nullen gebildet; ist also q ungerade, so verschwinden alle identisch, für jedes gerade q hat man dagegen Determinanten von der Form

$$\begin{vmatrix} 0 & -\alpha_{(x_1)} & 0 & 0 & \ldots & 0 & 0 & 0 & 0 \\ \alpha_{(x_1)} & 0 & -\alpha_{(x_2)} & 0 & \ldots & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & \alpha_{(x_2)} & 0 & -\alpha_{(x_3)} & \ldots & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & \alpha_{(x_3)} & 0 & \ldots & 0 & 0 & 0 & 0 \\ \cdot & \cdot & \cdot & \cdot & \ldots & \cdot & \cdot & \cdot & \cdot \\ 0 & 0 & 0 & 0 & \ldots & 0 & -\alpha_{(x_{2y-3})} & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & \ldots & \alpha_{(x_{2y-3})} & 0 & -\alpha_{(x_{2y-2})} & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & \ldots & 0 & \alpha_{(x_{2y-2})} & 0 & -\alpha_{(x_{2y-1})} \\ 0 & 0 & 0 & 0 & \ldots & 0 & 0 & \alpha_{(x_{2y-1})} & 0 \end{vmatrix} = \prod_{q=0}^{q=y-1} \alpha^2_{(x_{2q+1})}.$$

Wir brauchen sonach nur diejenigen Fälle ins Auge zu fassen, in welchen $q = 2p$ ist. Um dann den Coëfficienten von z^{m-2p} zu finden, ist Folgendes zu thun:

Es sind aus den in der Determinante Δ auftretenden Grössen α sämmtliche Producte zu p Factoren zu bilden, so dass, wenn die Indices in der Ordnung des Zahlensystemes fortschreiten, die Differenz zweier unmittelbar aufeinander folgender Indices

$$\gtreqless 2$$

ist; diese Producte sind hierauf zu quadriren und zu addiren.

Diese Aufgabe lösen wir sofort durch nachstehenden

Lehrsatz. Der Coëfficient der Potenz

$$z^{m-2p}$$

in der Determinanten-Entwickelung hat den Werth

$$\sum_{k=1}^{k=m-2p+1} \sum_{r=o}^{r=p-2} \alpha_k^2 \cdot \alpha^2_{k+2\cdot 1} \cdot \alpha^2_{k+2\cdot 2} \cdots \alpha^2_{k+2\cdot r} M,$$

unter M die $(p-r-1)$ fache Summe

$$\sum_{s_1=k+2r+3}^{s_1=m-2p+2r+3} \; \sum_{s_2=k+2r+3+2\cdot 1}^{s_2=m-2p+2r+3+2\cdot 1} \cdots \sum_{s_{p-r-3}=k+2r+3+2\,(p-r-4)}^{s_{p-r-3}=m-2p+2r+3+2\,(p-r-4)}$$

$$\sum_{s_{p-r-2}=k+2r+3+2\,(p-r-3)}^{s_{p-r-2}=m-2p+2r+3+2\,(p-r-3)} \alpha^2_{s_1}\,\alpha^2_{s_2} \ldots \alpha^2_{s_{p-r-3}} \cdot \alpha^2_{s_{p-r-2}} \sum_{t=s_{p-r-2}+2}^{t=m-1} \alpha_t^2$$

verstanden.

Beweis. Zunächst ergibt sich aus unserer Formel, dass jedes Einzelproduct aus

$$r+1+p-r-1 = p$$

Factoren besteht, wie erfordert wird. Es kommt also nur noch darauf an darzuthun, dass die Grenzwerthe für jedes einzelne Summenzeichen durch eine richtige Abzählung erhalten wurden.

Verfahren wir bei Bildung der einzelnen Index-Complexionen in der gewöhnlichen Weise der Combinationslehre, so muss k zuerst den Werth 1 annehmen. Dass auch die obere Grenze stimmt, erhellt sofort, wenn man das letzte überhaupt denkbare Product

$$\alpha_{m-2p+1}^2 \cdot \alpha_{m-2p+1+2\cdot 1}^2 \cdots \alpha_{m-2p+1+2(p-2)}^2 \cdot \alpha_{m-2p+1+2(p-1)}^2$$

anschreibt; denn jetzt ist der letzte Index

$$m-2p+1+2(p-1)=m-1.$$

Da es ferner offenbar eine Complexion

$$\alpha_k^2 \cdot \alpha_{k+2\cdot 1+1}^2 \cdots$$

geben muss, so besteht für r die untere Grenze 0; dass die obere den Werth $(p-2)$ hat, erkennt man durch Betrachtung der Complexion

$$\alpha_k^2 \cdot \alpha_{k+2\cdot 1}^2 \cdot \alpha_{k+2\cdot 2}^2 \cdots \alpha_{k+2(p-2)}^2 \cdot \Sigma \alpha_t^2.$$

Auch die dem letzteren Summenzeichen oben beigefügten Limiten verificirt man einfach durch die Überlegung, dass der Anfangswerth von t mindestens um zwei Einheiten grösser sein muss als der unmittelbar vorangehende s_{p-r-2}, im Übrigen aber alle noch vorhandenen Werthe bis $(m-1)$ inclusive annimmt.

Wenden wir uns nun zu den einzelnen Grenzwerthen der Summe M; der Factor $\Sigma \alpha_t^2$ ist bereits abgethan. Zunächst ist klar, dass sowohl die oberen wie die unteren Grenzen arithmetische Progressionen der Differenz 2 bilden müssen, dass also, wenn bezüglich $s_{(v_1)}$ und $s_{(v_2)}$ die ersten Grenzwerthe sind, die zuletzt kommenden durch

$$s_{(v_1+2[p-r-3])}$$

und

$$s_{(v_2+2[p-r-3])}$$

ausgedrückt sein werden. v_1 muss um $(2+1=3)$ grösser sein als der zunächst vorhergehende Index $(k+2r)$; um v_2 zu bestimmen, schlagen wir folgenden Weg ein. Nach $\alpha_{v_2}^2$ folgen noch $(p-r-3)$ Factoren, deren Indices immer um 2 zunehmen; es ist also, da der letzte Index die Zahl $(m-3)$ selbst sein muss,

$$v_2 = m-3-2(p-r-3) = m-2p+2r+3\,,$$

wie vorhin angegeben.

Hiemit ist denn also das vorstehend von uns formulirte Theorem in all seinen Theilen bewiesen.

Man könnte nun vielleicht geneigt sein, demselben als einer isolirt dastehenden Thatsache die Eigenschaft allgemeiner Verwendbarkeit abzusprechen; um dem zu begegnen, wollen wir zeigen, dass sich daraus eine äusserst bequeme Methode zur expliciten Darstellung der einzelnen Glieder herleiten lässt, welche vielleicht selbst vor der anerkanntermassen höchst brauchbaren Minding'schen Regel 5) den Vorzug beanspruchen dürfte, zumal da sie einen universelleren Charakter trägt.

Um dies an einem Beispiele darzulegen, wollen wir

$$m=16\,,\ \ p=7$$

setzen; es soll also der Coëfficient von

$$z^{16-2.7} = z^2$$

in der Entwickelung der Determinante

$$\begin{array}{cccccc}
z & -\alpha_1 & . & . & 0 & 0 \\
\alpha_1 & z & . & . & 0 & 0 \\
. & . & & & . & . \\
0 & 0 & . & . & z & -\alpha_{15} \\
0 & 0 & & . & \alpha_{15} & z
\end{array}$$

berechnet werden.

Den obigen Festsetzungen zufolge hat hier k den Spielraum

$$1,\ 2,\ 3,$$

wogegen r einen der Werthe

$$0,\ 1,\ 2,\ 3,\ 4,\ 5$$

anzunehmen im Stande ist. Auf diese Weise erhalten wir als Resultat nachstehendes Aggregat

$$\begin{array}{llll}
k=1 & \alpha_1^2\cdot\alpha_3^2\cdot\alpha_5^2\cdot\alpha_7^2\cdot\alpha_9^2\cdot\alpha_{11}^2\,(\alpha_{13}^3+\alpha_{14}^2+\alpha_{15}^2) & + & r=0 \\
 & \alpha_1^2\cdot\alpha_3^2\cdot\alpha_5^2\cdot\alpha_7^2\cdot\alpha_9^2\cdot\alpha_{12}^2\,(\alpha_{14}^2+\alpha_{15}^2) & + & r=1 \\
 & \alpha_1^2\cdot\alpha_3^2\cdot\alpha_5^2\cdot\alpha_7^2\cdot\alpha_9^2\cdot\alpha_{13}^2\cdot\alpha_{15}^2 & + & r=1 \\
 & \alpha_1^2\cdot\alpha_3^2\cdot\alpha_5^2\cdot\alpha_7^2\cdot\alpha_{10}^2\cdot\alpha_{12}^2\,(\alpha_{14}^2+\alpha_{15}^2) & + & r=2 \\
 & \alpha_1^2\cdot\alpha_3^2\cdot\alpha_5^2\cdot\alpha_7^2\cdot\alpha_{10}^2\cdot\alpha_{13}^2\cdot\alpha_{15}^2 & + & r=2 \\
 & \alpha_1^2\cdot\alpha_3^2\cdot\alpha_5^2\cdot\alpha_7^2\cdot\alpha_{11}^2\cdot\alpha_{13}^2\cdot\alpha_{15}^2 & + & r=2 \\
 & \alpha_1^2\cdot\alpha_3^2\cdot\alpha_5^2\cdot\alpha_8^2\cdot\alpha_{10}^2\cdot\alpha_{12}^2\,(\alpha_{14}^2+\alpha_{15}^2) & + & r=3 \\
 & \alpha_1^2\cdot\alpha_3^2\cdot\alpha_5^2\cdot\alpha_8^2\cdot\alpha_{10}^2\cdot\alpha_{13}^2\cdot\alpha_{15}^2 & + & r=3 \\
 & \alpha_1^2\cdot\alpha_3^2\cdot\alpha_5^2\cdot\alpha_8^2\cdot\alpha_{11}^2\cdot\alpha_{13}^2\cdot\alpha_{15}^2 & + & r=3 \\
 & \alpha_1^2\cdot\alpha_3^2\cdot\alpha_5^2\cdot\alpha_9^2\cdot\alpha_{11}^2\cdot\alpha_{13}^2\cdot\alpha_{15}^2 & + & r=3 \\
 & \alpha_1^2\cdot\alpha_3^2\cdot\alpha_6^2\cdot\alpha_8^2\cdot\alpha_{10}^2\cdot\alpha_{12}^2\,(\alpha_{14}^2+\alpha_{15}^2) & + & r=4 \\
 & \alpha_1^2\cdot\alpha_3^2\cdot\alpha_6^2\cdot\alpha_8^2\cdot\alpha_{10}^2\cdot\alpha_{13}^2\cdot\alpha_{15}^2 & + & r=4 \\
 & \alpha_1^2\cdot\alpha_3^2\cdot\alpha_6^2\cdot\alpha_8^2\cdot\alpha_{11}^2\cdot\alpha_{13}^2\cdot\alpha_{15}^2 & + & r=4 \\
 & \alpha_1^2\cdot\alpha_3^2\cdot\alpha_6^2\cdot\alpha_9^2\cdot\alpha_{11}^2\cdot\alpha_{13}^2\cdot\alpha_{15}^2 & + & r=4 \\
 & \alpha_1^2\cdot\alpha_3^2\cdot\alpha_7^2\cdot\alpha_9^2\cdot\alpha_{11}^2\cdot\alpha_{13}^2\cdot\alpha_{15}^2 & + & r=4 \\
 & \alpha_1^2\cdot\alpha_4^2\cdot\alpha_6^2\cdot\alpha_8^2\cdot\alpha_{10}^2\cdot\alpha_{12}^2\,(\alpha_{14}^2+\alpha_{15}^2) & + & r=5 \\
 & \alpha_1^2\cdot\alpha_4^2\cdot\alpha_6^2\cdot\alpha_8^2\cdot\alpha_{10}^2\cdot\alpha_{13}^2\cdot\alpha_{15}^2 & + & r=5 \\
 & \alpha_1^2\cdot\alpha_4^2\cdot\alpha_6^2\cdot\alpha_8^2\cdot\alpha_{11}^2\cdot\alpha_{13}^2\cdot\alpha_{15}^2 & + & r=5 \\
 & \alpha_1^2\cdot\alpha_4^2\cdot\alpha_6^2\cdot\alpha_9^2\cdot\alpha_{11}^2\cdot\alpha_{13}^2\cdot\alpha_{15}^2 & + & r=5 \\
 & \alpha_1^2\cdot\alpha_4^2\cdot\alpha_7^2\cdot\alpha_9^2\cdot\alpha_{11}^2\cdot\alpha_{13}^2\cdot\alpha_{15}^2 & + & r=5 \\
 & \alpha_1^2\cdot\alpha_5^2\cdot\alpha_7^2\cdot\alpha_9^2\cdot\alpha_{11}^2\cdot\alpha_{13}^2\cdot\alpha_{15}^2 & + & r=5 \\
k=2 & \alpha_2^2\cdot\alpha_4^2\cdot\alpha_6^2\cdot\alpha_8^2\cdot\alpha_{10}^2\cdot\alpha_{12}^2\,(\alpha_{14}^2+\alpha_{15}^2) & + & r=0 \\
 & \alpha_2^2\cdot\alpha_4^2\cdot\alpha_6^2\cdot\alpha_8^2\cdot\alpha_{10}^2\cdot\alpha_{13}^2\cdot\alpha_{15}^2 & + & r=1 \\
 & \alpha_2^2\cdot\alpha_4^2\cdot\alpha_6^2\cdot\alpha_8^2\cdot\alpha_{11}^2\cdot\alpha_{13}^2\cdot\alpha_{15}^2 & + & r=2 \\
 & \alpha_2^2\cdot\alpha_4^2\cdot\alpha_6^2\cdot\alpha_9^2\cdot\alpha_{11}^2\cdot\alpha_{13}^2\cdot\alpha_{15}^2 & + & r=3 \\
 & \alpha_2^2\cdot\alpha_4^2\cdot\alpha_7^2\cdot\alpha_9^2\cdot\alpha_{11}^2\cdot\alpha_{13}^2\cdot\alpha_{15}^2 & + & r=4 \\
 & \alpha_2^2\cdot\alpha_5^2\cdot\alpha_7^2\cdot\alpha_9^2\cdot\alpha_{11}^2\cdot\alpha_{13}^2\cdot\alpha_{15}^2 & + & r=5 \\
k=3 & \alpha_3^2\cdot\alpha_5^2\cdot\alpha_7^2\cdot\alpha_9^2\cdot\alpha_{11}^2\cdot\alpha_{13}^2\cdot\alpha_{15}^2. & &
\end{array}$$

Bei einem Kettenbruch von so vielen Theilgliedern, bei welchem also nach einer bekannten Regel für den Zähler und Nenner bezüglich 6)

$$\frac{\left(\frac{1+\sqrt{5}}{2}\right)^{16}-\left(\frac{1-\sqrt{5}}{2}\right)^{16}}{\sqrt{5}} \quad \text{und} \quad \frac{\left(\frac{1+\sqrt{5}}{2}\right)^{17}-\left(\frac{1-\sqrt{5}}{2}\right)^{17}}{\sqrt{5}}$$

Glieder zu berechnen wären, dürften die gewöhnlichen Methoden, wenn auch nicht geradezu den Dienst versagen, so doch enorme Rechnungen benöthigen, während hier die Bildung jedes einzelnen Coëfficienten

durch einen einfachen Mechanismus sich vollzieht, welcher das Auslassen eines Gliedes nahezu unmöglich macht.

---

1) Günther, Darstellung der Näherungswerthe von Kettenbrüchen in independenter Form, Erlangen 1873. S. 1 ff.

2) Zehfuss, Über die Auflösung der linearen endlichen Differenzengleichungen mit variabeln Coëfficienten, Zeitschr. f. Math. und Phys. 3. Jahrgang, S. 176.

3) Fürstenau, Über Kettenbrüche höherer Ordnung, Wiesbaden 1874.

4) Studnička, Über eine besondere Art von symmetralen Determinanten und deren Verwendung in der Theorie der Kettenbrüche, Prager Berichte 1872, S. 74 ff.

5) Minding, Über das Bildungsgesetz der Zähler und Nenner bei Verwandlung der Kettenbrüche in gewöhnliche Brüche, Bull. de l'acad. de St. Pétersbourg, Tome XIII, S. 523.

6) Stern, Theorie der Kettenbrüche und ihre Anwendung, Journal f. d. reine u. angew. Mathem. 10 Band, S. 10.

ÜBER

DIE MALFATTI'SCHE AUFGABE

UND DEREN

CONSTRUCTION UND VERALLGEMEINERUNG VON STEINER.

VON

F. MERTENS.

(Mit 1 Tafel.)

VORGELEGT IN DER SITZUNG DER MATHEMATISCH-NATURWISSENSCHAFTLICHEN CLASSE AM 14. OCTOBER 1875.

Plücker hat im XI. Bande [1] des Crelle'schen Journals eine Construction derjenigen von Steiner [2] herrührenden Verallgemeinerung der Malfatti'schen Aufgabe, wo an die Stelle dreier gegebener Geraden drei beliebige Kreise gesetzt werden, gegeben, welche wesentlich von der Steiner'schen Construction [3] der nämlichen Aufgabe abweicht. Dieser Umstand veranlasste mich zu einer analytischen Behandlung der Malfatti'schen Aufgabe für das ebene Dreieck und drei in einer Ebene liegende Kreise mit besonderer Berücksichtigung der Steiner'schen Lösungen derselben. Selbstverständlich bedarf das im Folgenden befolgte Verfahren nur leichter Änderungen, um unmittelbar auf die Kugel anwendbar zu sein.

In Betreff der einschlägigen Literatur verweise ich auf die von Herrn Schroeter im LXXVII. Bande des Crelle-Borchardt'schen Journals [4] gegebene Übersicht.

1.

Die Malfatti'sche Aufgabe für das ebene Dreieck lautet:

In ein gegebenes Dreieck ABC drei Kreise zu beschreiben, von denen jeder zwei Seiten des Dreiecks und die beiden anderen Kreise berührt.

Bezeichnen

$$L = A_1 x + B_1 y + C_1 = 0$$
$$M = A_2 x + B_2 y + C_2 = 0$$
$$N = A_3 x + B_3 y + C_3 = 0$$

[1] Analytisch-geometrische Aphorismen, Nr. VI.

[2] Einige geometrische Betrachtungen von H. Steiner, Nr. 15, im 1. Bande des Crelle'schen Journals.

[3] Ebendaselbst.

[4] Die Steiner'sche Auflösung der Malfatti'schen Aufgabe, von H. Schroeter.

unter der Voraussetzung, dass

$$A_1^2+B_1^2=A_2^2+B_2^2=A_3^2+B_3^2=1$$

ist, die Gleichungen der Seiten BC, CA, AB des gegebenen Dreiecks und

$$\mathfrak{K}_1=(x-u_1)^2+(y-v_1)^2-r_1^2=0$$
$$\mathfrak{K}_2=(x-u_2)^2+(y-v_2)^2-r_2^2=0$$
$$\mathfrak{K}_3=(x-u_3)^2+(y-v_3)^2-r_3^2=0$$

die Gleichungen der gesuchten drei Kreise, welche bezüglich die Seiten M und N, N und L, L und M berühren, so sind die nothwendigen und hinreichenden Bedingungen der Aufgabe, wenn man von den Auflösungen absieht, wo zwei Kreise eine Dreiecksseite in einem und demselben Punkte berühren, durch die neun Gleichungen

$$\begin{aligned} M(u_1,v_1)&=r_1\\ N(u_1,v_1)&=r_1\\ N(u_2,v_2)&=r_2\\ L(u_2,v_2)&=r_2\\ L(u_3,v_3)&=r_3\\ M(u_3,v_3)&=r_3 \end{aligned} \qquad 1)$$

$$\begin{aligned} (u_2-u_3)^2+(v_2-v_3)^2&=(r_2+r_3)^2\\ (u_3-u_1)^2+(v_3-v_1)^2&=(r_3+r_1)^2\\ (u_1-u_2)^2+(v_1-v_2)^2&=(r_1+r_2)^2 \end{aligned} \qquad 2)$$

ausgedrückt.

Zur Auflösung dieser Gleichungen gelangt man am einfachsten, indem man die Functionen L, M, N durch die Unbekannten der Aufgabe ausdrückt.

Aus den Gleichungen

$$L(u_2,v_2)=A_1u_2+B_1v_2+C_1=r_2$$
$$L(u_3,v_3)=A_1u_3+B_1v_3+C_1=r_3$$
$$(u_2-u_3)^2+(v_2-v_3)^2=(r_2+r_3)^2$$

folgt

$$A_1(u_2-u_3)+B_1(v_2-v_3)=r_2-r_3 \qquad 3)$$

und, wenn

$$A_1(v_2-v_3)-B_1(u_2-u_3)=D_1 \qquad 4)$$

gesetzt wird,

$$\begin{aligned} (r_2+r_3)^2A_1&=(r_2-r_3)(u_2-u_3)+D_1(v_2-v_3)\\ (r_2+r_3)^2B_1&=(r_2-r_3)(v_2-v_3)-D_1(u_2-u_3) \end{aligned} \qquad 5)$$

$$(r_2+r_3)^2(A_1x+B_1y+C_1)=-\frac{1}{2}(r_2-r_3)(\mathfrak{K}_2-\mathfrak{K}_3)+D_1\begin{vmatrix}1 & x & y\\ 1 & u_2 & v_2\\ 1 & u_3 & v_3\end{vmatrix}+C;$$

der Factor von D_1 stellt nach der üblichen Bezeichnung die Determinante

$$u_2v_3-u_3v_2+x(v_2-v_3)+y(u_3-u_2)$$

vor. Die Constante C findet man, indem man in der vorstehenden Identität

$$x=u_2 \qquad y=v_2$$

setzt,

$$= 2r_2 r_3 (r_2 + r_3)$$

und für D_1 ergibt sich durch Bildung der Summe der Quadrate der Gleichungen 3) und 4) die Gleichung

$$D_1^2 = 4r_2 r_3. \tag{6}$$

Es ist also

$$(r_2+r_3)^2 L = -\frac{1}{2}(r_2-r_3)(\mathfrak{K}_2-\mathfrak{K}_3) + D_1 \begin{vmatrix} 1 & x & y \\ 1 & u_2 & v_2 \\ 1 & u_3 & v_3 \end{vmatrix} + 2r_2 r_3 (r_2+r_3). \tag{7}$$

Ebenso findet man, wenn zur Abkürzung

$$A_2(v_3-v_1) - B_2(u_3-u_1) = D_2$$

$$A_3(v_1-v_2) - B_3(u_1-u_2) = D_3$$

gesetzt wird,

$$\begin{aligned} (r_3+r_1)^2 A_2 &= (r_3-r_1)(u_3-u_1) + D_2(v_3-v_1) \\ (r_3+r_1)^2 B_2 &= (r_3-r_1)(v_3-v_1) - D_2(u_3-u_1) \end{aligned} \tag{8}$$

$$(r_3+r_1)^2 M = -\frac{1}{2}(r_3-r_1)(\mathfrak{K}_3-\mathfrak{K}_1) + D_2 \begin{vmatrix} 1 & x & y \\ 1 & u_3 & v_3 \\ 1 & u_1 & v_1 \end{vmatrix} + 2r_3 r_1 (r_3+r_1) \tag{9}$$

$$D_2^2 = 4r_3 r_1 \tag{10}$$

$$\begin{aligned} (r_1+r_2)^2 A_3 &= (r_1-r_2)(u_1-u_2) + D_3(v_1-v_2) \\ (r_1+r_2)^2 B_3 &= (r_1-r_2)(v_1-v_2) - D_3(u_1-u_2) \end{aligned} \tag{11}$$

$$(r_1+r_2)^2 N = -\frac{1}{2}(r_1-r_2)(\mathfrak{K}_1-\mathfrak{K}_2) + D_3 \begin{vmatrix} 1 & x & y \\ 1 & u_1 & v_1 \\ 1 & u_2 & v_2 \end{vmatrix} + 2r_1 r_2 (r_1+r_2) \tag{12}$$

$$D_3^2 = 4r_1 r_2. \tag{13}$$

Setzt man in der Identität 7)

$$x = u_1 \qquad y = v_1,$$

so wird mit Hilfe der Gleichungen 2)

$$(r_2+r_3)^2 L(u_1, v_1) = -r_1(r_2-r_3)^2 + D_1 \Delta + 2r_2 r_3 (r_2+r_3)$$

$$(r_2+r_3)^2 [r_1 + L(u_1, v_1)] = 2r_2 r_3 (r_1+r_2+r_3) + 2r_1 r_2 r_3 + D_1 \Delta.$$

wo

$$\Delta = \begin{vmatrix} 1 & u_1 & v_1 \\ 1 & u_2 & v_2 \\ 1 & u_3 & v_3 \end{vmatrix}$$

$$= u_2 v_3 - u_3 v_2 + u_3 v_1 - u_1 v_3 + u_1 v_2 - u_2 v_1 \tag{14}$$

ist, und da, wie leicht aus den Gleichungen 2) oder auch aus der Bemerkung, dass Δ den doppelten Flächeninhalt des von den Mittelpunkten der Kreise $\mathfrak{K}_1$, $\mathfrak{K}_2$, $\mathfrak{K}_3$ gebildeten Dreiecks ausdrückt, folgt,

$$\Delta^2 = 4r_1 r_2 r_3 (r_1+r_2+r_3) \tag{15}$$

ist, so ergibt sich

$$r_1 + L(u_1, v_1) = \frac{1}{2r_1}\left(\frac{\Delta + r_1 D_1}{r_2+r_3}\right). \tag{16}$$

Ebenso folgt aus den Identitäten 9), 12)

$$r_2+M(u_2, v_2)=\frac{1}{2r_2}\left(\frac{\Delta+r_2 D_2}{r_3+r_1}\right)^2 \tag{17}$$

$$r_3+N(u_3, v_3)=\frac{1}{2r_3}\left(\frac{\Delta+r_3 D_3}{r_1+r_2}\right)^2 \tag{18}$$

Man bilde ferner mittelst der Formeln 5), 8), 11) die Ausdrücke

$$\mathfrak{A}=A_2 A_3+B_2 B_3$$
$$\mathfrak{B}=A_3 A_1+B_3 B_1$$
$$\mathfrak{C}=A_1 A_2+B_1 B_2.$$

Es wird

$$(r_1+r_2)^2(r_1+r_3)^2\mathfrak{A}=[(r_1-r_2)(r_1-r_3)-D_2 D_3][(u_2-u_1)(u_3-u_1)+(v_2-v_1)(v_3-v_1)]$$
$$-(r_1-r_2)D_2\Delta-(r_1-r_3)D_3\Delta,$$

oder, da den Gleichungen 2) zufolge

$$(u_2-u_1)(u_3-u_1)+(v_2-v_1)(v_3-v_1)=\frac{1}{2}[(u_2-u_1)^2+(v_2-v_1)^2+(u_3-u_1)^2+(v_3-v_1)^2]$$
$$-\frac{1}{2}[(u_2-u_3)^2+(v_2-v_3)^2]$$
$$=\frac{1}{2}[(r_1+r_2)^2+(r_1+r_3)^2-(r_2+r_3)^2]$$
$$=r_1(r_1+r_2+r_3)-r_2 r_3 \tag{19}$$

ist,

$$(r_1+r_2)^2(r_1+r_3)^2\mathfrak{A}=[(r_1-r_2)(r_1-r_3)-D_2 D_3][r_1(r_1+r_2+r_3)-r_2 r_3]$$
$$-(r_1-r_2)D_2\Delta-(r_1-r_3)D_3\Delta.$$

In diesem Ausdrucke erkennt man sofort den Cosinus eines dreitheiligen Winkels, wenn man

$$\frac{r_1(r_1+r_2+r_3)-r_2 r_3}{(r_1+r_2)(r_1+r_3)}=\cos\varphi \qquad \frac{\Delta}{(r_1+r_2)(r_1+r_3)}=\sin\varphi$$

$$\frac{r_1-r_2}{r_1+r_2}=\cos\psi \qquad \frac{D_3}{r_1+r_2}=\sin\psi$$

$$\frac{r_1-r_3}{r_1+r_3}=\cos\chi \qquad \frac{D_2}{r_1+r_3}=\sin\chi$$

setzt, was den Gleichungen 15), 13), 10) zufolge gestattet ist.

Es wird nämlich

$$\mathfrak{A}=\cos(\varphi+\psi+\chi),$$

und demgemäss

$$\sqrt{\frac{1-\mathfrak{A}}{2}}=\sin\frac{\varphi+\psi+\chi}{2}.$$

Da nun bei gehöriger Zeichenbestimmung der Wurzeln

$$\cos\frac{\varphi}{2}=\frac{\sqrt{r_1}\sqrt{r_1+r_2+r_3}}{\sqrt{r_1+r_2}\sqrt{r_1+r_3}} \qquad \sin\frac{\varphi}{2}=\frac{\sqrt{r_2}\sqrt{r_3}}{\sqrt{r_1+r_2}\sqrt{r_1+r_3}}$$

$$\cos\frac{\psi}{2} = \frac{\sqrt{r_1}}{\sqrt{r_1+r_2}} \qquad \sin\frac{\psi}{2} = \frac{\sqrt{r_2}}{\sqrt{r_1+r_2}}$$

$$\cos\frac{\chi}{2} = \frac{\sqrt{r_1}}{\sqrt{r_1+r_3}} \qquad \sin\frac{\chi}{2} = \frac{\sqrt{r_3}}{\sqrt{r_1+r_3}}$$

wird, so erhält man durch Entwicklung von $\sin\frac{1}{2}(\varphi+\psi+\chi)$

$$\sqrt{\frac{1-\mathfrak{A}}{2}} = \frac{r_1\sqrt{r_2}\sqrt{r_3}+\sqrt{r_1}\sqrt{r_1+r_2+r_3}(\sqrt{r_2}+\sqrt{r_3})-r_2 r_3}{(r_1+r_2)(r_1+r_3)}$$

$$1+\sqrt{\frac{1-\mathfrak{A}}{2}} = r_1\left(\frac{\sqrt{r_1+r_2+r_3}+\sqrt{r_2}}{r_1+r_3}\right)\left(\frac{\sqrt{r_1+r_2+r_3}+\sqrt{r_3}}{r_1+r_2}\right)$$

$$= \frac{1}{r_2 r_3}\left(\frac{\sqrt{r_1}\sqrt{r_2}\sqrt{r_3}\sqrt{r_1+r_2+r_3}+r_2\sqrt{r_1}\sqrt{r_3}}{r_1+r_3}\right)\left(\frac{\sqrt{r_1}\sqrt{r_2}\sqrt{r_3}\sqrt{r_1+r_2+r_3}+r_3\sqrt{r_1}\sqrt{r_2}}{r_1+r_2}\right)$$

$$= \frac{1}{4r_2 r_3}\left(\frac{\Delta+r_2 D_2}{r_3+r_1}\right)\left(\frac{\Delta+r_3 D_3}{r_1+r_2}\right), \tag{20}$$

welche Gleichung auch unmittelbar, ohne durch die trigonometrischen Formeln hindurch zu gehen, erhärtet werden kann. Über das Vorzeichen der Wurzel $\sqrt{\frac{1-\mathfrak{A}}{2}}$ wird nichts festgesetzt.

Durch Buchstabenverwandlung ergibt sich

$$1+\sqrt{\frac{1-\mathfrak{B}}{2}} = \frac{1}{4r_3 r_1}\left(\frac{\Delta+r_3 D_3}{r_1+r_2}\right)\left(\frac{\Delta+r_1 D_1}{r_2+r_3}\right) \tag{21}$$

$$1+\sqrt{\frac{1-\mathfrak{C}}{2}} = \frac{1}{4r_1 r_2}\left(\frac{\Delta+r_1 D_1}{r_2+r_3}\right)\left(\frac{\Delta+r_2 D_2}{r_3+r_1}\right). \tag{22}$$

Der Fall, dass die Gleichungen 16), 17), 18), 20), 21), 22) durch das Verschwinden einer der Grössen

$$r_1,\ r_2,\ r_3,\ r_2+r_3,\ r_3+r_1,\ r_1+r_2$$

ihren Sinn verlieren würden, kann im Allgemeinen auch bei rein algebraischer Auffassung der Gleichungen 1), 2) nicht eintreten, weil im Gegenfalle diese letzteren nur acht Unbekannte enthalten würden.

2.

Setzt man

$$\sqrt{\frac{1-\mathfrak{A}}{2}} = \alpha \qquad \sqrt{\frac{1-\mathfrak{B}}{2}} = \beta \qquad \sqrt{\frac{1-\mathfrak{C}}{2}} = \gamma$$
$$\frac{\beta^2+\gamma^2-\alpha^2}{2\beta\gamma} = \alpha' \quad \frac{\gamma^2+\alpha^2-\beta^2}{2\gamma\alpha} = \beta' \quad \frac{\alpha^2+\beta^2-\gamma^2}{2\alpha\beta} = \gamma', \tag{23}$$

so ist in Folge der bekannten trigonometrischen Beziehung

$$1-\mathfrak{A}^2-\mathfrak{B}^2-\mathfrak{C}^2+2\mathfrak{A}\mathfrak{B}\mathfrak{C} = 0,$$

welche übrigens nur eine Entwicklung (durch zeilenweise Ausführung des Determinantenquadrates) der Identität

$$\begin{vmatrix} A_1, & B_1, & 0 \\ A_2, & B_2, & 0 \\ A_3, & B_3, & 0 \end{vmatrix}^2 = 0$$

ist,

$$2\beta^2\gamma^2+2\gamma^2\alpha^2+2\alpha^2\beta^2-\alpha^4-\beta^4-\gamma^4=4\alpha^2\beta^2\gamma^2$$

$$\alpha^2+\alpha'^2=1 \qquad \beta^2+\beta'^2=1 \qquad \gamma^2+\gamma'^2=1$$

$$\beta\gamma'+\gamma\beta'=\alpha \qquad \beta\gamma-\beta'\gamma'=\alpha'$$

$$\gamma\alpha'+\alpha\gamma'=\beta \qquad \gamma\alpha-\gamma'\alpha'=\beta'$$

$$\alpha\beta'+\beta\alpha'=\gamma \qquad \alpha\beta-\alpha'\beta'=\gamma'.$$

Dies vorausgeschickt, erhält man durch Beseitigung der Ausdrücke

$$\frac{\Delta+r_1 D_1}{r_2+r_3}, \quad \frac{\Delta+r_2 D_2}{r_3+r_1}, \quad \frac{\Delta+r_3 D_3}{r_1+r_2}$$

aus den Formeln 16), 17), 18), 20), 21), 22) die Gleichungen

$$\begin{aligned} L(u_1, v_1) &= -r_1+2r_1\frac{(1+\beta)(1+\gamma)}{(1+\alpha)} \\ M(u_2, v_2) &= -r_2+2r_2\frac{(1+\gamma)(1+\alpha)}{(1+\beta)} \\ N(u_3, v_3) &= -r_3+2r_3\frac{(1+\alpha)(1+\beta)}{(1+\gamma)}, \end{aligned} \tag{24}$$

welche zu den Gleichungen 1) hinzugenommen eine Bestimmung der neun Unbekannten der Aufgabe mit Umgehung der Gleichungen zweiten Grades 2) ermöglichen.

Es genügt, unter den auf diese Weise erhaltenen neun Gleichungen diejenigen drei

$$L(u_1, v_1)-r_1=2r_1\left[\frac{(1+\beta)(1+\gamma)}{(1+\alpha)}-1\right] \tag{25}$$

$$\begin{aligned} M(u_1, v_1)-r_1&=0 \\ N(u_1, v_1)-r_1&=0 \end{aligned} \tag{26}$$

zu behandeln, welche die Unbekannten u_1, v_1, r_1 enthalten; die Bestimmungsstücke der Kreise $\mathfrak{K}_2$, $\mathfrak{K}_3$ erhält man dann auf Grund ähnlich gebauter Gleichungssysteme durch blosse Buchstabenverwandlung.

Den Gleichungen 26) genügt man, wenn f, g, h die Mittelpunktscoordinaten und den Halbmesser des in das Dreieck ABC nach Massgabe der Gleichungen

$$L(f, g)=M(f, g)=N(f, g)=h$$

eingeschriebenen Kreises bezeichnen, durch die Werthe

$$u_1=f+(r_1-h)\left(\frac{A_2+A_3}{2\alpha'^2}\right) \qquad v_1=g+(r_1-h)\left(\frac{B_2+B_3}{2\alpha'^2}\right),$$

und erhält durch Einsetzung derselben in die Gleichung 25)

$$(h-r_1)\left[1-\frac{\mathfrak{B}+\mathfrak{C}}{2\alpha'^2}\right]=2r_1\left[\frac{(1+\beta)(1+\gamma)}{1+\alpha}-1\right].$$

Da aber nach 23)

$$1-\left(\frac{\mathfrak{B}+\mathfrak{C}}{2\alpha'^2}\right)=\frac{\beta^2+\gamma^2-\alpha^2}{\alpha'^2}=\frac{2\beta\gamma}{\alpha'}$$

$$\beta\gamma=\alpha'+\beta'\gamma'$$

ist, so wird einfacher

$$\frac{\beta\gamma}{\alpha'}(h-r_1)=r_1\left[\frac{(1+\beta)(1+\gamma)}{(1+\alpha)}-1\right]$$

$$\frac{\beta\gamma}{\alpha'}h=r_1\left[\frac{(1+\beta)(1+\gamma)}{(1+\alpha)}+\frac{\beta'\gamma'}{\alpha'}\right]$$

$$r_1=h\,\frac{\alpha'\beta\gamma}{\lambda},$$

wo

$$\lambda=\alpha'\beta'\gamma'+(1-\alpha)(1+\beta)(1+\gamma).$$

Ebenso wird

$$u_2=f+(r_2-h)\left(\frac{A_3+A_1}{2\beta'^2}\right)\qquad v_2=g+(r_2-h)\left(\frac{B_3+B_1}{2\beta'^2}\right) \tag{27}$$

$$r_2=h\,\frac{\beta'\gamma\alpha}{\mu}\qquad \mu=\alpha'\beta'\gamma'+(1+\alpha)(1-\beta)(1+\gamma) \tag{28}$$

$$u_3=f+(r_3-h)\left(\frac{A_1+A_2}{2\gamma'^2}\right)\qquad v_3=g+(r_3-h)\left(\frac{B_1+B_2}{2\gamma'^2}\right) \tag{29}$$

$$r_3=h\,\frac{\gamma'\alpha\beta}{\nu}\qquad \nu=\alpha'\beta'\gamma'+(1+\alpha)(1+\beta)(1-\gamma) \tag{30}$$

gefunden.

Zur Vereinfachung der für r_1, r_2, r_3 erhaltenen Ausdrücke gelangt man durch Bildung der Producte $\mu\nu$, $\nu\lambda$, $\lambda\mu$. Es ist

$$\begin{aligned}\mu\nu&=\alpha'^2\beta'^2\gamma'^2+(1+\alpha)^2(1-\beta^2)(1-\gamma^2)+2(1+\alpha)(1-\beta\gamma)\alpha'\beta'\gamma'\\&=\beta'^2\gamma'^2[\alpha'^2+(1+\alpha)^2]+2\alpha'\beta'\gamma'(1+\alpha)(1-\beta\gamma)\\&=2\beta'\gamma'(1+\alpha)[\beta'\gamma'+\alpha'(1-\beta\gamma)],\end{aligned}$$

oder wegen

$$\alpha'+\beta'\gamma'=\beta\gamma,$$

$$\mu\nu=2\beta\gamma\beta'\gamma'(1+\alpha)(1-\alpha'), \tag{31}$$

und durch Buchstabenverwandlung

$$\nu\lambda=2\gamma\alpha\gamma'\alpha'(1+\beta)(1-\beta')$$

$$\lambda\mu=2\alpha\beta\alpha'\beta'(1+\gamma)(1-\gamma').$$

Hieraus folgt

$$\begin{aligned}r_2r_3&=\frac{1}{2}h^2\left(\frac{1+\alpha'}{1+\alpha}\right)\\r_3r_1&=\frac{1}{2}h^2\left(\frac{1+\beta'}{1+\beta}\right)\\r_1r_2&=\frac{1}{2}h^2\left(\frac{1+\gamma'}{1+\gamma}\right)\end{aligned} \tag{32}$$

und mit Hilfe dieser Producte wird

$$r_1^2=\frac{1}{2}h^2\left(\frac{1+\alpha}{1+\alpha'}\right)\left(\frac{1+\beta'}{1+\beta}\right)\left(\frac{1+\gamma'}{1+\gamma}\right)$$

$$r_2^2=\frac{1}{2}h^2\left(\frac{1+\alpha'}{1+\alpha}\right)\left(\frac{1+\beta}{1+\beta'}\right)\left(\frac{1+\gamma'}{1+\gamma}\right)$$

$$r_3^2=\frac{1}{2}h^2\left(\frac{1+\alpha'}{1+\alpha}\right)\left(\frac{1+\beta'}{1+\beta}\right)\left(\frac{1+\gamma}{1+\gamma'}\right)$$

gefunden.

Es ist nun noch der Nachweis zu führen, dass man befugt ist, die Gleichungen 2) durch die Gleichungen 24) zu ersetzen, d. h. dass die Gleichungen 2) eine Folge der Gleichungen 1) und 24) sind, oder dass die gefundenen Kreise sich in der That und zwar, weil nach 32) die Halbmesser r_1, r_2, r_3 dasselbe Zeichen haben, von aussen berühren.

Bildet man aus den durch die Gleichungen 27), 29) gegebenen Werthen von u_2, v_2, u_3, v_3 den Ausdruck

$$\nabla = (u_2 - u_3)^2 + (v_2 - v_3)^2 - (r_2 + r_3)^2,$$

so wird

$$\nabla = \frac{(h-r_2)^2}{\beta'^2} + \frac{(h-r_3)^2}{\gamma'^2} - 2(h-r_2)(h-r_3)\left(\frac{1+\mathfrak{A}+\mathfrak{B}+\mathfrak{C}}{4\beta'^2\gamma'^2}\right) - (r_2+r_3)^2,$$

oder, weil nach 23)

$$\frac{1}{\beta'^2} = 1 + \frac{\beta^2}{\beta'^2} \qquad \frac{1}{\gamma'^2} = 1 + \frac{\gamma^2}{\gamma'^2}$$

$$\frac{1+\mathfrak{A}+\mathfrak{B}+\mathfrak{C}}{4\beta'^2\gamma'^2} = 1 - \frac{\beta\gamma}{\beta'\gamma'}$$

ist, einfacher

$$\nabla = \left[\frac{\beta}{\beta'}(h-r_2) + \frac{\gamma}{\gamma'}(h-r_3)\right]^2 - 4r_2r_3.$$

Es ist ferner nach 23)

$$\frac{\beta h}{\beta'} + \frac{\gamma h}{\gamma'} = h\left(\frac{\beta\gamma' + \gamma\beta'}{\beta'\gamma'}\right) = \frac{h\alpha}{\beta'\gamma'},$$

und nach 28), 30), 31)

$$\frac{\beta r_2}{\beta'} + \frac{\gamma r_3}{\gamma'} = h\alpha\beta\gamma\left(\frac{\mu+\nu}{\mu\nu}\right)$$

$$= \frac{h\alpha}{\beta'\gamma'}\,\frac{\alpha'\beta'\gamma' + (1+\alpha)(1-\beta\gamma)}{(1+\alpha)(1-\alpha')},$$

so dass

$$\frac{\beta}{\beta'}(h-r_2) + \frac{\gamma}{\gamma'}(h-r_3) = \frac{h\alpha}{\beta'\gamma'}\,\frac{(1+\alpha)(\beta\gamma-\alpha') - \alpha'\beta'\gamma'}{(1+\alpha)(1-\alpha')}$$

$$= h\,\frac{\alpha(1+\alpha-\alpha')}{(1+\alpha)(1-\alpha')}$$

$$\left[\frac{\beta}{\beta'}(h-r_2) + \frac{\gamma}{\gamma'}(h-r_3)\right]^2 = 2h^2\,\frac{1+\alpha'}{1+\alpha},$$

und in der That also nach 32)

$$\nabla = 0$$

wird. Auf dieselbe Weise werden alle Gleichungen 2) bewiesen.

Da die Ausdrücke $\mathfrak{A}$, $\mathfrak{B}$, $\mathfrak{C}$ vier verschiedene Werthsysteme annehmen können, je nachdem man nämlich festsetzt, dass im Innern des Dreiecks ABC entweder alle drei Functionen L, M, N positive Werthe oder irgend zwei derselben positive, die dritte hingegen negative Werthe besitzen sollen (die übrigen vier möglichen Fälle geben nichts Neues), und da für jedes dieser vier Werthsysteme über die Vorzeichen der Quadratwurzeln α, β, γ (23) acht verschiedene Bestimmungen getroffen werden können, so lassen die Gleichungen 1), 2) 32 verschiedene Auflösungen zu. Jedem der vier Werthsysteme von $\mathfrak{A}$, $\mathfrak{B}$, $\mathfrak{C}$ entspricht der Halbmesser h eines bestimmten der vier in das Dreieck ABC einbeschreibbaren Kreise.

3.

Es seien

$$\mathfrak{K}_1 = 0 \qquad \mathfrak{K}_2 = 0 \qquad \mathfrak{K}_3 = 0$$

die Gleichungen dreier den Gleichungen 1), 2) genügenden Kreise,

$$\mathfrak{K} = (x-u)^2 + (y-v)^2 - r^2 = 0$$

die Gleichung des Kreises, welcher dieselben senkrecht schneidet oder durch deren Berührungspunkte geht, so dass

$$\mathfrak{K}_1(u, v) = \mathfrak{K}_2(u, v) = \mathfrak{K}_3(u, v) = r^2 \tag{33}$$

ist, und $\mathfrak{h}_1$, $\mathfrak{a}_1$, $\mathfrak{b}_1$ der Halbmesser und die Mittelpunktscoordinaten eines Kreises $\mathfrak{H}_1$, welcher die Geraden

$$L = 0 \qquad \mathfrak{K}_1 - \mathfrak{K}_2 = 0 \qquad \mathfrak{K}_1 - \mathfrak{K}_3 = 0$$

nach Massgabe der Gleichungen

$$\begin{aligned} &L(\mathfrak{a}_1, \mathfrak{b}_1) = \mathfrak{h}_1 \\ &\mathfrak{K}_1(\mathfrak{a}_1, \mathfrak{b}_1) - \mathfrak{K}_2(\mathfrak{a}_1, \mathfrak{b}_1) = 2\mathfrak{h}_1(r_1 + r_2) \\ &\mathfrak{K}_1(\mathfrak{a}_1, \mathfrak{b}_1) - \mathfrak{K}_3(\mathfrak{a}_1, \mathfrak{b}_1) = 2\mathfrak{h}_1(r_1 + r_3) \end{aligned} \tag{34}$$

berührt. Da den zwei letzten dieser Gleichungen durch die Werthe

$$\mathfrak{a}_1 = \left(1 + \frac{\mathfrak{h}_1}{r_1}\right) u - \frac{\mathfrak{h}_1 u_1}{r_1} \qquad \mathfrak{b}_1 = \left(1 + \frac{\mathfrak{h}_1}{r_1}\right) v - \frac{\mathfrak{h}_1 v_1}{r_1} \tag{35}$$

genügt wird, so findet man durch Einsetzung derselben in die erste

$$\begin{aligned} &\left(1 + \frac{\mathfrak{h}_1}{r_1}\right) L(u, v) - \frac{\mathfrak{h}_1}{r_1} L(u_1, v_1) = \mathfrak{h}_1 \\ &\mathfrak{h}_1 = \frac{r_1 L(u, v)}{r_1 + L(u_1, v_1) - L(u, v)}. \end{aligned} \tag{36}$$

Es wird aber, wenn man in der Identität 7)

$$x = u \qquad y = v$$

setzt,

$$(r_2 + r_3)^2 L(u, v) = D_1 \begin{vmatrix} 1 & u & v \\ 1 & u_2 & v_2 \\ 1 & u_3 & v_3 \end{vmatrix} + 2 r_2 r_3 (r_2 + r_3),$$

und da das Product

$$\begin{vmatrix} 1 & u_1 & v_1 \\ 1 & u_2 & v_2 \\ 1 & u_3 & v_3 \end{vmatrix} \begin{vmatrix} 1 & u & v \\ 1 & u_2 & v_2 \\ 1 & u_3 & v_3 \end{vmatrix} = \begin{vmatrix} u_2 - u_1, & v_2 - v_1 \\ u_3 - u_1, & v_3 - v_1 \end{vmatrix} \begin{vmatrix} u_2 - u, & v_2 - v \\ u_3 - u, & v_3 - v \end{vmatrix}$$

durch zeilenweise Multiplication mit Hilfe der Gleichungen 2), 33) sich

$$\begin{aligned} &= \begin{vmatrix} r_2(r_1 + r_2), & r_2(r_1 - r_3) \\ r_3(r_1 - r_2), & r_3(r_1 + r_3) \end{vmatrix} \\ &= 2 r_1 r_2 r_3 (r_2 + r_3) \end{aligned}$$

ergibt, so findet man

$$\begin{vmatrix} 1 & u & v \\ 1 & u_2 & v_2 \\ 1 & u_3 & v_3 \end{vmatrix} = 2 r_1 r_2 r_3 \frac{(r_2 + r_3)}{\Delta} \tag{37}$$

$$L(u, v) = \frac{2 r_2 r_3}{\Delta} \left(\frac{\Delta + r_1 D_1}{r_2 + r_3}\right), \tag{38}$$

und ähnlich

$$M(u, v) = \frac{2 r_3 r_1}{\Delta}\left(\frac{\Delta + r_2 D_2}{r_3 + r_1}\right) \qquad 39)$$

$$N(u, v) = \frac{2 r_1 r_2}{\Delta}\left(\frac{\Delta + r_3 D_3}{r_1 + r_2}\right). \qquad 40)$$

Unter Berücksichtigung der Gleichungen 16), 38) erhält man sodann nach leichter auf der Gleichung 15) beruhender Vereinfachung aus 36)

$$\mathfrak{h}_1 = \frac{\Delta(r_2 + r_3)}{\Delta + D_1(r_1 + r_2 + r_3)}. \qquad 41)$$

Bezeichnen ξ, η die Coordinaten des Punktes, in welchem der Kreis $\mathfrak{H}_1$ die Gerade L berührt, so hat man

$$\xi = \mathfrak{a}_1 - \mathfrak{h}_1 A_1 \qquad \eta = \mathfrak{b}_1 - \mathfrak{h}_1 B_1,$$

oder identisch in Bezug auf x, y

$$(x-\xi)^2 + (y-\eta)^2 = (x-\mathfrak{a}_1)^2 + (y-\mathfrak{b}_1)^2 - \mathfrak{h}_1^2 + 2\mathfrak{h}_1 L,$$

und daher, wenn der Reihe nach

$$x = u_2 \qquad y = v_2$$
$$x = u_3 \qquad y = v_3$$

gesetzt wird, nach 34), 1)

$$\begin{aligned}
\mathfrak{K}_2(\xi, \eta) &= \mathfrak{K}_2(\mathfrak{a}_1, \mathfrak{b}_1) - \mathfrak{h}_1^2 + 2\mathfrak{h}_1 r_2 \\
&= \mathfrak{K}_1(\mathfrak{a}_1, \mathfrak{b}_1) - \mathfrak{h}_1^2 - 2\mathfrak{h}_1 r_1 \\
\mathfrak{K}_3(\xi, \eta) &= \mathfrak{K}_3(\mathfrak{a}_1, \mathfrak{b}_1) - \mathfrak{h}_1^2 + 2\mathfrak{h}_1 r_3 \\
&= \mathfrak{K}_1(\mathfrak{a}_1, \mathfrak{b}_1) - \mathfrak{h}_1^2 - 2\mathfrak{h}_1 r_1 \\
\mathfrak{K}_2(\xi, \eta) - \mathfrak{K}_3(\xi, \eta) &= 0.
\end{aligned}$$

Der Berührungspunkt (ξ, η) liegt also auf der inneren gemeinschaftlichen Tangente der Kreise $\mathfrak{K}_2$ und $\mathfrak{K}_3$.

Es ist ferner nach 35), 41)

$$M(\mathfrak{a}_1, \mathfrak{b}_1) = \left(1 + \frac{\mathfrak{h}_1}{r_1}\right) M(u, v) - \frac{\mathfrak{h}_1}{r_1} M(u_1, v_1)$$

$$\begin{aligned}
1 + \frac{\mathfrak{h}_1}{r_1} &= \mathfrak{h}_1\left(\frac{1}{r_1} + \frac{1}{\mathfrak{h}_1}\right) = \mathfrak{h}_1\left(\frac{r_1 + r_2 + r_3}{\Delta r_1}\right)\left(\frac{\Delta + r_1 D_1}{r_2 + r_3}\right) \\
&= \frac{\Delta}{4 r_1^2 r_2 r_3}\left(\frac{\Delta + r_1 D_1}{r_2 + r_3}\right)\mathfrak{h}_1,
\end{aligned}$$

und daher nach 1), 39), 22)

$$\begin{aligned}
M(\mathfrak{a}_1, \mathfrak{b}_1) &= \mathfrak{h}_1\left[-1 + \frac{1}{2 r_1 r_2}\left(\frac{\Delta + r_1 D_1}{r_2 + r_3}\right)\left(\frac{\Delta + r_2 D_2}{r_3 + r_1}\right)\right] \\
&= (1 + 2\gamma)\mathfrak{h}_1.
\end{aligned}$$

Auf dieselbe Weise findet man

$$N(\mathfrak{a}_1, \mathfrak{b}_1) = (1 + 2\beta)\mathfrak{h}_1.$$

Wird nun von diesen Gleichungen die erste der Gleichungen 34) abgezogen, so ergibt sich

$$\begin{aligned}
L(\mathfrak{a}_1, \mathfrak{b}_1) &= \mathfrak{h}_1 \\
M(\mathfrak{a}_1, \mathfrak{b}_1) - L(\mathfrak{a}_1, \mathfrak{b}_1) &= 2\gamma\,\mathfrak{h}_1 \\
N(\mathfrak{a}_1, \mathfrak{b}_1) - L(\mathfrak{a}_1, \mathfrak{b}_1) &= 2\beta\,\mathfrak{h}_1,
\end{aligned} \qquad 42)$$

und man schliesst, dass der Kreis $\mathfrak{H}_1$ die Seiten des Dreiecks

$$L=0 \qquad M-L=0 \qquad N-L=0$$

berührt. Es ist aber bekanntlich

$$M-L=0$$

die Gleichung der Halbirungslinie des Innen- oder Aussenwinkels bei C, je nachdem die Ausdrücke L, M im Innern des Dreiecks ABC Werthe von gleichen oder entgegengesetzten Zeichen annehmen; dasselbe gilt von der Gleichung

$$N-L=0.$$

Zieht man noch die Kreise $\mathfrak{H}_2$, $\mathfrak{H}_3$ in Betracht, welche bezüglich den Dreiecken

$$\begin{array}{lll} M=0 & \mathfrak{K}_2-\mathfrak{K}_1=0 & \mathfrak{K}_2-\mathfrak{K}_3=0 \\ N=0 & \mathfrak{K}_3-\mathfrak{K}_1=0 & \mathfrak{K}_3-\mathfrak{K}_2=0, \end{array}$$

und zwar in der Weise eingeschrieben sind, dass ihre Mittelpunktscoordinaten und Halbmesser $(\mathfrak{a}_2, \mathfrak{b}_2, \mathfrak{h}_2)$ $(\mathfrak{a}_3, \mathfrak{b}_3, \mathfrak{h}_3)$ den Gleichungen

$$\begin{aligned} & M(\mathfrak{a}_2, \mathfrak{b}_2)=\mathfrak{h}_2 \\ & \mathfrak{K}_2(\mathfrak{a}_2, \mathfrak{b}_2)-\mathfrak{K}_3(\mathfrak{a}_2, \mathfrak{b}_2)=2\mathfrak{h}_2(r_2+r_3) \\ & \mathfrak{K}_2(\mathfrak{a}_2, \mathfrak{b}_2)-\mathfrak{K}_1(\mathfrak{a}_2, \mathfrak{b}_2)=2\mathfrak{h}_2(r_2+r_1) \\ & N(\mathfrak{a}_3, \mathfrak{b}_3)=\mathfrak{h}_3 \\ & \mathfrak{K}_3(\mathfrak{a}_3, \mathfrak{b}_3)-\mathfrak{K}_1(\mathfrak{a}_3, \mathfrak{b}_3)=2\mathfrak{h}_3(r_3+r_1) \\ & \mathfrak{K}_3(\mathfrak{a}_3, \mathfrak{b}_3)-\mathfrak{K}_2(\mathfrak{a}_3, \mathfrak{b}_3)=2\mathfrak{h}_3(r_3+r_2) \end{aligned}$$

genügen, so müssen diese Kreise auch bezüglich den Dreiecken

$$\begin{array}{lll} M=0 & N-M=0 & L-M=0 \\ N=0 & L-N=0 & M-N=0 \end{array}$$

nach Massgabe der Gleichungen

$$\left.\begin{aligned} & M(\mathfrak{a}_2, \mathfrak{b}_2)=\mathfrak{h}_2 \\ & N(\mathfrak{a}_2, \mathfrak{b}_2)-M(\mathfrak{a}_2, \mathfrak{b}_2)=2\alpha\mathfrak{h}_2 \\ & L(\mathfrak{a}_2, \mathfrak{b}_2)-M(\mathfrak{a}_2, \mathfrak{b}_2)=2\gamma\mathfrak{h}_2 \end{aligned}\right\} \qquad 43)$$

$$\left.\begin{aligned} & N(\mathfrak{a}_3, \mathfrak{b}_3)=\mathfrak{h}_3 \\ & L(\mathfrak{a}_3, \mathfrak{b}_3)-N(\mathfrak{a}_3, \mathfrak{b}_3)=2\beta\mathfrak{h}_3 \\ & M(\mathfrak{a}_3, \mathfrak{b}_3)-N(\mathfrak{a}_3, \mathfrak{b}_3)=2\alpha\mathfrak{h}_3 \end{aligned}\right\} \qquad 44)$$

eingeschrieben sein, und es sind die gemeinschaftlichen inneren Tangenten der Kreispaare $(\mathfrak{K}_2, \mathfrak{K}_3)$, $(\mathfrak{K}_3, \mathfrak{K}_1)$, $(\mathfrak{K}_1, \mathfrak{K}_2)$ zugleich gemeinschaftliche Tangenten der Kreispaare $(\mathfrak{H}_2, \mathfrak{H}_3)$, $(\mathfrak{H}_3, \mathfrak{H}_1)$, $(\mathfrak{H}_1, \mathfrak{H}_2)$ und gehen bezüglich durch die Berührungspunkte von $\mathfrak{H}_1$ mit L, $\mathfrak{H}_2$ mit M, $\mathfrak{H}_3$ mir N.

Hiemit ist die Steiner'sche Construction[1] vollständig bewiesen.

Da es von Interesse ist, die Elemente dieser Construction durch Gleichungen darzustellen, welche nur unmittelbar gegebene Grössen enthalten, so soll dies hier in Kürze durchgeführt werden.

Zieht man in dem Dreiecke ABC die Halbirungslinien

$$M-N=0 \qquad N-L=0 \qquad L-M=0,$$

und beschreibt drei Hilfskreise $\mathfrak{H}_1$, $\mathfrak{H}_2$, $\mathfrak{H}_3$, welche bezüglich die Geraden

---

[1] Einige geometrische Betrachtungen, 14 im I. Bande des Crelle'schen Journals.

$$L=0 \qquad M-L=0 \qquad N-L=0$$
$$M=0 \qquad N-M=0 \qquad L-M=0$$
$$N=0 \qquad L-N=0 \qquad M-N=0$$

nach Massgabe der Gleichungen 42), 43), 44) berühren, so sind die Gleichungen der Verbindungslinien der Punkte n_1, n_2, n_3, in denen die Kreise $\mathfrak{H}_1, \mathfrak{H}_2, \mathfrak{H}_3$ bezüglich die Dreiecksseiten L, M, N berühren, mit den gegenüberliegenden Ecken

$$\beta(1+\beta)M-\gamma(1+\gamma)N=0$$
$$\gamma(1+\gamma)N-\alpha(1+\alpha)L=0$$
$$\alpha(1+\alpha)L-\beta(1+\beta)M=0.$$

Um nun zu untersuchen, ob durch den Punkt n_1 eine gemeinschaftliche Tangente der Kreise $\mathfrak{H}_2, \mathfrak{H}_3$ geht, bestimme man in dem Ausdrucke

$$f(x,y)=\lambda L-\mu[\beta(1+\beta)M-\gamma(1+\gamma)N]$$

die Constanten λ, μ derart, dass

$$\frac{f(\mathfrak{a}_2,\mathfrak{b}_2)}{2\mathfrak{h}_2}+\frac{f(\mathfrak{a}_3,\mathfrak{b}_3)}{2\mathfrak{h}_3}=0$$

werde. Nach 43), 44) lautet diese Bedingung

$$(1+\beta+\gamma)[\lambda-(1+\alpha)(\beta-\gamma)\mu]=0,$$

und wird erfüllt, wenn man

$$\lambda=(1+\alpha)(\beta-\gamma)\mu$$

setzt, wodurch

$$f(\mathfrak{a}_2,\mathfrak{b}_2)=\mu[2\alpha\beta\gamma+\alpha(\beta+\gamma)-(\beta-\gamma)^2]\mathfrak{h}_2$$
$$f(\mathfrak{a}_3,\mathfrak{b}_3)=-\mu[2\alpha\beta\gamma+\alpha(\beta+\gamma)-(\beta-\gamma)^2]\mathfrak{h}_3$$

entspringt. Nimmt man also

$$\mu=\frac{1}{2\alpha\beta\gamma+\alpha(\beta+\gamma)-(\beta-\gamma)^2},$$

oder

$$f(x,y)=\frac{(1+\alpha)(\beta-\gamma)L-\beta(1+\beta)M+\gamma(1+\gamma)N}{2\alpha\beta\gamma+\alpha(\beta+\gamma)-(\beta-\gamma)^2},$$

so wird

$$f(\mathfrak{a}_2,\mathfrak{b}_2)=\mathfrak{h}_2 \qquad f(\mathfrak{a}_3,\mathfrak{b}_3)=-\mathfrak{h}_3,$$

und da die Summe der Quadrate der Coëfficienten von x und y in $f(x,y)$ durch eine leichte Rechnung $=1$ gefunden wird, so schliesst man, dass die Gerade

$$P=(1+\alpha)(\beta-\gamma)L-\beta(1+\beta)M+\gamma(1+\gamma)N=0$$

n der That eine gemeinschaftliche innere oder äussere Tangente der Kreise $\mathfrak{H}_2, \mathfrak{H}_3$ ist, je nachdem $\mathfrak{h}_2, \mathfrak{h}_3$ gleiche oder entgegengesetzte Zeichen besitzen.

Ebenso stellen die Gleichungen

$$Q=\alpha(1+\alpha)L+(1+\beta)(\gamma-\alpha)M-\gamma(1+\gamma)N=0 \qquad 45)$$
$$R=-\alpha(1+\alpha)L+\beta(1+\beta)M+(1+\gamma)(\alpha-\beta)N=0 \qquad 46)$$

zwei Gerade dar, welche bezüglich durch die Punkte n_2, n_3 gehen und gemeinschaftliche Tangenten der Kreispaare $(\mathfrak{H}_3, \mathfrak{H}_1)$, $(\mathfrak{H}_1, \mathfrak{H}_2)$ sind.

Die Geraden P, Q, R schneiden sich in einem Punkte. Denn es ist identisch

$$\frac{Q+R}{\beta+\gamma-\alpha}=(1+\beta)\,M-(1+\gamma)\,N$$

$$\frac{R+P}{\gamma+\beta-\alpha}=(1+\gamma)\,N-(1+\alpha)\,L$$

$$\frac{P+Q}{\alpha+\beta-\gamma}=(1+\alpha)\,L-(1+\beta)\,M,$$

und es gehen daher P, Q, R durch den nämlichen Punkt, in welchem sich die Geraden

$$(1+\beta)M-(1+\gamma)\,N=0$$
$$(1+\gamma)\,N-(1+\alpha)\,L=0$$
$$(1+\alpha)\,L-(1+\beta)\,M=0$$

schneiden.

Ist

$$\mathfrak{K}_1=(x-u_1)^2+(y-v_1)^2-r_1^2=0$$

die Gleichung eines Kreises, welcher die Geraden M, N, Q nach Massgabe der Gleichungen

$$M(u_1, v_1)=r_1$$
$$N(u_1, v_1)=r_1$$
$$Q(u_1, v_1)=r_1\,[2\alpha\beta\gamma+\beta(\gamma+\alpha)-(\gamma-\alpha)^2]$$

berührt, so ist nach 45)

$$L(u_1, v_1)=r_1\left[\frac{2(1+\beta)(1+\gamma)}{1+\alpha}-1\right],$$

und daher der Kreis $\mathfrak{K}_1$ derselbe, welcher den Gleichungen 25), 26) genügt. Da überdies

$$R(u_1, v_1)=-r_1\,[2\alpha\beta\gamma+\gamma(\alpha+\beta)-(\alpha-\beta)^2]$$

wird, so berührt $\mathfrak{K}_1$ auch die Gerade R. Ebenso überzeugt man sich, dass sich in die Vierseite

$$N=0 \quad L=0 \quad R=0 \quad P=0$$
$$L=0 \quad M=0 \quad P=0 \quad Q=0$$

zwei Kreise $\mathfrak{K}_2$, $\mathfrak{K}_3$ einschreiben lassen, welche mit den durch die Formeln 27) bis 30) gegebenen identisch sind.

4.

Die wirkliche Construction der Hilfskreise $\mathfrak{H}_1$, $\mathfrak{H}_2$, $\mathfrak{H}_3$ ist nicht nothwendig; vielmehr reicht die Kenntniss ihrer Mittelpunkte und Berührungspunkte mit den Dreiecksseiten aus. Um dies näher auszuführen, werde ich mich auf den einfachsten Fall beschränken, in welchem die Ausdrücke L, M, N innerhalb des gegebenen Dreiecks positiv, die Quadratwurzeln α, β, γ mit dem positiven Zeichen angenommen werden und demgemäss die Kreise $\mathfrak{K}_1$, $\mathfrak{K}_2$, $\mathfrak{K}_3$ innerhalb des Dreiecks liegen.

Es seien p_1, p_2, p_3 die Punkte, in denen die Halbirungslinien der Innenwinkel A, B, C des gegebenen Dreiecks ABC die Gegenseiten treffen; m_1, m_2, m_3 bezüglich die Durchschnittspunkte der Halbirungslinien der Winkel CBp_2 und BCp_3, ACp_3 und CAp_1, BAp_1 und ABp_2; n_1, n_2, n_3 die Fusspunkte der von m_1, m_2, m_3 bezüglich auf die Seiten BC, CA, AB gefällten Lothe und q_1, q_2, q_3 die Punkte, in denen die Geraden m_2m_3, m_3m_1, m_1m_2 von den Halbirungslinien Ap_1, Bp_2, Cp_3 geschnitten werden. Aus einer genaueren Betrachtung des Dreiecks $n_1\,p_1\,q_1$ ergibt sich dann, dass die Verbindungslinie des Punktes p_1 mit dem Durch-

schnittspunkte der Geraden Bp_2 und Am_3 und die Verbindungslinie des Punktes n_1 mit dem Mittelpunkte des Kreises $\mathfrak{K}_2$, welche einen äusseren und inneren Winkel (oder umgekehrt) bei p_1 und n_1 in dem genannten Dreiecke halbiren, sich auf der Halbirungslinie $m_2 m_3$ des Aussenwinkels bei q_1 schneiden müssen.

Man kann daher den Mittelpunkt des Kreises $\mathfrak{K}_1$ in folgender Weise finden. Man bestimme den Punkt s_{21}, in welchem die Gerade $m_1 m_3$ von der Verbindungslinie des Durchschnittspunktes der Geraden Ap_1, Bm_3 mit dem Punkte p_2, oder auch den Punkt s_{31}, wo die Gerade $m_1 m_2$ von der Verbindungslinie des Durchschnittspunktes der Geraden Ap_1, Cm_2 mit dem Punkte p_3 getroffen wird; die Geraden $n_2 s_{21}$, $n_3 s_{31}$ schneiden sich alsdann auf der Halbirungslinie Ap_1 im Mittelpunkte des Kreises $\mathfrak{K}_1$. Die Geraden $n_1 q_1$, $n_2 q_2$, $n_3 q_3$ sind die gemeinschaftlichen inneren Tangenten der Kreise $\mathfrak{K}_1$, $\mathfrak{K}_2$, $\mathfrak{K}_3$ und geben deren Halbmesser. (S. d. Figur.)

5.

Steiner hat die Malfatti'sche Aufgabe in folgender Weise verallgemeinert[1]:

Drei beliebige Kreise, die in einerlei Ebene liegen, sind der Grösse und Lage nach gegeben; man soll drei andere Kreise beschreiben, die einander berühren, und von denen jeder zwei der gegebenen Kreise berührt, jedoch so, dass auch jeder der drei gegebenen Kreise zwei von den zu suchenden berührt.

Es seien

$$K_1 = (x-a_1)^2 + (y-b_1)^2 - h_1^2 = 0$$
$$K_2 = (x-a_2)^2 + (y-b_2)^2 - h_2^2 = 0$$
$$K_3 = (x-a_3)^2 + (y-b_3)^2 - h_3^2 = 0$$

die Gleichungen der gegebenen Kreise, von welchen vorausgesetzt werden soll, dass ihre Mittelpunkte nicht in einer geraden Linie liegen, oder, was dasselbe ist, dass der Ausdruck

$$D = \begin{vmatrix} 1 & a_1 & b_1 \\ 1 & a_2 & b_2 \\ 1 & a_3 & b_3 \end{vmatrix}$$
$$= a_2 b_3 - a_3 b_2 + a_3 b_1 - a_1 b_3 + a_1 b_2 - a_2 b_1$$

von Null verschieden ist,

$$\mathfrak{K}_1 = (x-u_1)^2 + (y-v_1)^2 - r_1^2 = 0$$
$$\mathfrak{K}_2 = (x-u_2)^2 + (y-v_2)^2 - r_2^2 = 0$$
$$\mathfrak{K}_3 = (x-u_3)^2 + (y-v_3)^2 - r_3^2 = 0$$

die Gleichungen der gesuchten Kreise und zur Abkürzung

$$(a_2-a_3)^2 + (b_2-b_3)^2 - (h_2-h_3)^2 = d_1^2$$
$$(a_3-a_1)^2 + (b_3-b_1)^2 - (h_3-h_1)^2 = d_2^2$$
$$(a_1-a_2)^2 + (b_1-b_2)^2 - (h_1-h_2)^2 = d_3^2$$
$$(a_2-a_3)^2 + (b_2-b_3)^2 = a^2$$
$$(a_3-a_1)^2 + (b_3-b_1)^2 = b^2$$
$$(a_1-a_2)^2 + (b_1-b_2)^2 = c^2,$$

so dass a, b, c die Längen der Seiten des von den Mittelpunkten der gegebenen Kreise gebildeten Dreiecks bezeichnen. Die nothwendigen und hinreichenden Bedingungsgleichungen der Aufgabe sind dann, abgesehen

---

[1] L. c. 15.

von den Auflösungen, wo zwei der gesuchten Kreise einen der gegebenen in einem und demselben Punkte berühren,

$$\begin{aligned}\mathfrak{K}_1(a_2, b_2) &= h_2^2 + 2h_2 r_1\\ \mathfrak{K}_1(a_3, b_3) &= h_3^2 + 2h_3 r_1\\ \mathfrak{K}_2(a_3, b_3) &= h_3^2 + 2h_3 r_2\\ \mathfrak{K}_2(a_1, b_1) &= h_1^2 + 2h_1 r_2\\ \mathfrak{K}_3(a_1, b_1) &= h_1^2 + 2h_1 r_3\\ \mathfrak{K}_3(a_2, b_2) &= h_2^2 + 2h_2 r_3\end{aligned} \tag{47}$$

$$\begin{aligned}(u_2-u_3)^2 + (v_2-v_3)^2 &= (r_2+r_3)^2\\ (u_3-u_1)^2 + (v_3-v_1)^2 &= (r_3+r_1)^2\\ (u_1-u_2)^2 + (v_1-v_2)^2 &= (r_1+r_2)^2.\end{aligned} \tag{48}$$

Zur Auflösung dieser Gleichungen führt ein ähnliches Verfahren, wie es in dem Falle der einfachen Malfatti'schen Aufgabe angewandt worden ist, nämlich die Ausdrückung der Functionen K_1, K_2, K_3 und der Grössen d_1^2, d_2^2, d_3^2 durch die Unbekannten der Aufgabe.

Aus den in 47), 48) enthaltenen Gleichungen

$$\begin{aligned}(a_1-u_2)^2 + (b_1-v_2)^2 &= (r_2+h_1)^2\\ (a_1-u_3)^2 + (b_1-v_3)^2 &= (r_3+h_1)^2\\ (u_2-u_3)^2 + (v_2-v_3)^2 &= (r_2+r_3)^2\end{aligned} \tag{49}$$

folgt, wenn

$$a_1 = \frac{1}{2}(u_2+u_3) + p \qquad b_1 = \frac{1}{2}(v_2+v_3) + q \tag{50}$$

gesetzt wird,

$$p^2 + q^2 - (u_2-u_3)p - (v_2-v_3)q + \frac{1}{4}(r_2+r_3)^2 = (r_2+h_1)^2$$

$$p^2 + q^2 + (u_2-u_3)p + (v_2-v_3)q + \frac{1}{4}(r_2+r_3)^2 = (r_3+h_1)^2,$$

und hieraus

$$p^2 + q^2 = h_1^2 + h_1(r_2+r_3) + \frac{1}{4}(r_2-r_3)^2 \tag{51}$$

$$(u_2-u_3)p + (v_2-v_3)q = -(r_2-r_3)\left[h_1 + \frac{1}{2}(r_2+r_3)\right]. \tag{52}$$

Bildet man den Ausdruck

$$-(v_2-v_3)p + (u_2-u_3)q = D_1, \tag{53}$$

welcher den Gleichungen 50) zufolge nichts anderes als die Determinante

$$-\begin{vmatrix}1 & a_1 & b_1\\ 1 & u_2 & v_2\\ 1 & u_3 & v_3\end{vmatrix}$$

ist, und addirt die Quadrate der Gleichungen 52), 53), so wird nach 49), 51)

$$(r_2+r_3)^2(p^2+q^2) = D_1^2 + (r_2-r_3)^2\left[h_1 + \frac{1}{2}(r_2+r_3)\right]^2$$

$$\begin{aligned}D_1^2 &= (r_2+r_3)^2\left[h_1^2 + h_1(r_2+r_3) + \frac{1}{4}(r_2-r_3)^2\right] - (r_2-r_3)^2\left[h_1 + \frac{1}{2}(r_2+r_3)\right]^2\\ &= 4h_1 r_2 r_3(h_1+r_2+r_3),\end{aligned} \tag{54}$$

und durch Auflösung der linearen Gleichungen 52), 53)

$$(r_2+r_3)^2 p = -(r_2-r_3)\left[h_1+\frac{1}{2}(r_2+r_3)\right](u_2-u_3) - D_1(v_2-v_3)$$

$$(r_2+r_3)^2 q = -(r_2-r_3)\left[h_1+\frac{1}{2}(r_2+r_3)\right](v_2-v_3) + D_1(u_2-u_3)$$

Diese Werthe haben, in 50) eingesetzt, die Gleichungen

$$(r_2+r_3)^2 a_1 = (r_2+r_3)(r_3u_2+r_2u_3) - h_1(r_2-r_3)(u_2-u_3) - D_1(v_2-v_3)$$
$$(r_2+r_3)^2 b_1 = (r_2+r_3)(r_3v_2+r_2v_3) - h_1(r_2-r_3)(v_2-v_3) + D_1(u_2-u_3)$$
$$(r_2+r_3)^2 K_1 = (r_2+r_3)(r_3\mathfrak{K}_2+r_2\mathfrak{K}_3) - h_1(r_2-r_3)(\mathfrak{K}_2-\mathfrak{K}_3) + 2D_1\begin{vmatrix}1 & x & y\\ 1 & u_2 & v_2\\ 1 & u_3 & v_3\end{vmatrix} + C$$

zur Folge. Die Constante C bestimmt man durch eine der Gleichungen 49) z. B. die erste, indem man

$$x = u_2 \qquad y = v_2$$

setzt, und findet nach leichter Vereinfachung

$$C = 4h_1r_2r_3(r_2+r_3),$$

so dass also identisch in Bezug auf x, y

$$(r_2+r_3)^2 K_1 = (r_2+r_3)(r_3\mathfrak{K}_2+r_2\mathfrak{K}_3) - h_1(r_2-r_3)(\mathfrak{K}_2-\mathfrak{K}_3) + 2D_1\begin{vmatrix}1 & x & y\\ 1 & u_2 & v_2\\ 1 & u_3 & v_3\end{vmatrix} + 4h_1r_2r_3(r_2+r_3) \tag{55}$$

wird.

Durch Buchstabenverwandlung ergeben sich noch die Identitäten

$$(r_3+r_1)^2 K_2 = (r_3+r_1)(r_1\mathfrak{K}_3+r_3\mathfrak{K}_1) - h_2(r_3-r_1)(\mathfrak{K}_3-\mathfrak{K}_1) + 2D_2\begin{vmatrix}1 & x & y\\ 1 & u_3 & v_3\\ 1 & u_1 & v_1\end{vmatrix} + 4h_2r_3r_1(r_3+r_1) \tag{56}$$

$$(r_1+r_2)^2 K_3 = (r_1+r_2)(r_2\mathfrak{K}_1+r_1\mathfrak{K}_2) - h_3(r_1-r_2)(\mathfrak{K}_1-\mathfrak{K}_2) + 2D_3\begin{vmatrix}1 & x & y\\ 1 & u_1 & v_1\\ 1 & u_2 & v_2\end{vmatrix} + 4h_3r_1r_2(r_1+r_2), \tag{57}$$

wo

$$D_2^2 = 4h_2r_3r_1(h_2+r_3+r_1) \tag{58}$$
$$D_3^2 = 4h_3r_1r_2(h_3+r_1+r_2). \tag{59}$$

Setzt man in der Identität 55)

$$x = u_1 \qquad y = v_1,$$

so wird nach 48)

$$(r_2+r_3)^2 K_1(u_1, v_1) = (r_2+r_3)[(r_2+r_3)r_1^2+4r_1r_2r_3] - 2h_1r_1(r_2-r_3)^2 + 2D_1\Delta + 4h_1r_2r_3(r_2+r_3),$$

oder

$$(r_2+r_3)^2[K_1(u_1,v_1)-r_1^2+2h_1r_1] = 4r_1r_2r_3(h_1+r_2+r_3)+4h_1r_2r_3(r_1+r_2+r_3)+2D_1\Delta,$$

wo Δ die nämliche Bedeutung, wie in 14) hat. Um die Fälle nicht auszuschliessen, in welchen einige der Halbmesser h_1, h_2, h_3 gleich Null sind, sei bei beliebiger Festsetzung der Zeichen der Wurzeln $\sqrt{h_1}$, $\sqrt{h_2}$, $\sqrt{h_3}$

$$D_1 = \Delta_1\sqrt{h_1} \qquad D_2 = \Delta_2\sqrt{h_2} \qquad D_3 = \Delta_3\sqrt{h_3}, \tag{60}$$

so dass also nach 54), 58), 59)

$$\Delta_1^2 = 4r_2r_3(h_1+r_2+r_3) \qquad \Delta_2^2 = 4r_3r_1(h_2+r_3+r_1) \qquad \Delta_3^2 = 4r_1r_2(h_3+r_1+r_2)$$

ist. Es wird dann 15)

$$(r_2+r_3)^2[K_1(u_1,v_1)-r_1^2+2h_1r_1] = r_1\Delta_1^2+\frac{h_1}{r_1}\Delta^2+2\Delta\Delta_1\sqrt{h_1}$$
$$= \frac{1}{r_1}(r_1\Delta_1+\Delta\sqrt{h_1})^2,$$

oder

$$\mathfrak{K}_1(a_1,b_1) = h_1^2-2h_1r_1+\frac{1}{r_1}\left(\frac{r_1\Delta_1+\Delta\sqrt{h_1}}{r_2+r_3}\right)^2 \tag{61}$$

und durch Buchstabenvertauschung

$$\mathfrak{K}_2(a_2,b_2) = h_2^2-2h_2r_2+\frac{1}{r_2}\left(\frac{r_2\Delta_2+\Delta\sqrt{h_2}}{r_3+r_1}\right)^2 \tag{62}$$

$$\mathfrak{K}_3(a_3,b_3) = h_3^2-2h_3r_3+\frac{1}{r_3}\left(\frac{r_3\Delta_3+\Delta\sqrt{h_2}}{r_1+r_2}\right)^2. \tag{63}$$

Um d_1^2, d_2^2, d_3^2 durch die Unbekannten der Aufgabe auszudrücken, bemerke man, dass identisch

$$(a_2-a_3)^2+(b_2-b_3)^2-(h_2-h_3)^2 = (a_2-u_1)^2+(b_2-v_1)^2-(h_2+r_1)^2$$
$$+(a_3-u_1)^2+(b_3-v_1)^2-(h_3+r_1)^2$$
$$+2[(h_2+r_1)(h_3+r_1)-(a_2-u_1)(a_3-u_1)-(b_2-v_1)(b_3-v_1)],$$

und daher nach 47)

$$\frac{1}{2}d_1^2 = (h_2+r_1)(h_3+r_1)-(a_2-u_1)(a_3-u_1)-(b_2-v_1)(b_3-v_1) \tag{64}$$

ist. Entnimmt man nun den Identitäten 56), 57) die Werthe von a_2, b_2, a_3, b_3, so ergibt sich

$$(r_3+r_1)^2(a_2-u_1) = [r_1(h_2+r_3+r_1)-r_3h_2](u_3-u_1)-D_2(v_3-v_1)$$
$$(r_3+r_1)^2(b_2-v_1) = [r_1(h_2+r_3+r_1)-r_3h_2](v_3-v_1)+D_2(u_3-u_1)$$
$$(r_1+r_2)^2(a_3-u_1) = [r_1(h_3+r_1+r_2)-r_2h_3](u_2-u_1)-D_3(v_1-v_2)$$
$$(r_1+r_2)^2(b_3-v_1) = [r_1(h_3+r_1+r_2)-r_2h_3](v_2-v_1)+D_3(u_1-u_2)$$

und durch Einsetzung dieser Ausdrücke in 64) mit Hilfe von 19)

$$\frac{1}{2}(r_1+r_2)^2(r_1+r_3)^2d_1^2 = (r_1+r_2)^2(r_1+r_3)^2(r_1+h_2)(r_1+h_3)$$
$$-[r_1(r_1+r_2+r_3)-r_2r_3][r_1(h_2+r_3+r_1)-r_3h_2][r_1(h_3+r_1+r_2)-r_2h_3]$$
$$+D_2\Delta[r_1(h_3+r_1+r_2)-r_2h_3]+D_3\Delta[r_1(h_2+r_3+r_1)-r_3h_2] \tag{65}$$
$$+D_2D_3[r_1(r_1+r_2+r_3)-r_2r_3].$$

Es sei nun, was den Gleichungen 15), 58), 59) zufolge gestattet ist,

$$\frac{r_1(r_1+r_2+r_3)-r_2r_3}{(r_1+r_2)(r_1+r_3)}=\cos\varphi \qquad \frac{\Delta}{(r_1+r_2)(r_1+r_3)}=\sin\varphi$$

$$\frac{r_1(h_2+r_3+r_1)-r_3h_2}{(r_1+h_2)(r_3+r_1)}=\cos\psi \qquad \frac{D_2}{(r_1+h_2)(r_3+r_1)}=\sin\psi \qquad 66)$$

$$\frac{r_1(h_3+r_1+r_2)-r_2h_3}{(r_1+h_3)(r_1+r_2)}=\cos\chi \qquad \frac{D_3}{(r_1+h_3)(r_1+r_2)}=\sin\chi.$$

Alsdann ist

$$\frac{1}{2}d_1^2=(r_1+h_2)(r_1+h_3)[1-\cos(\varphi+\psi+\chi)]$$

$$d_1^2=4(r_1+h_2)(r_1+h_3)\sin^2\frac{1}{2}(\varphi+\psi+\chi)$$

und unter gehöriger Zeichenbestimmung der Quadratwurzeln, wobei $\sqrt{h_1}$, $\sqrt{h_2}$, $\sqrt{h_3}$ mit denselben Zeichen wie in 60) genommen werden,

$$\cos\frac{1}{2}\varphi=\frac{\sqrt{r_1}\sqrt{r_1+r_2+r_3}}{\sqrt{r_1+r_2}\sqrt{r_1+r_3}} \qquad \sin\frac{1}{2}\varphi=\frac{\sqrt{r_2}\sqrt{r_3}}{\sqrt{r_1+r_2}\sqrt{r_1+r_3}}$$

$$\cos\frac{1}{2}\psi=\frac{\sqrt{r_1}\sqrt{h_2+r_3+r_1}}{\sqrt{r_1+h_2}\sqrt{r_3+r_1}} \qquad \sin\frac{1}{2}\psi=\frac{\sqrt{r_3}\sqrt{h_2}}{\sqrt{r_1+h_2}\sqrt{r_3+r_1}}$$

$$\cos\frac{1}{2}\chi=\frac{\sqrt{r_1}\sqrt{h_3+r_1+r_2}}{\sqrt{r_1+h_3}\sqrt{r_1+r_2}} \qquad \sin\frac{1}{2}\chi=\frac{\sqrt{r_2}\sqrt{h_3}}{\sqrt{r_1+h_3}\sqrt{r_1+r_2}}$$

$$\sin\frac{1}{2}(\varphi+\psi+\chi)=\frac{-r_2r_3\sqrt{h_2}\sqrt{h_3}+r_1\sqrt{r_2}\sqrt{r_3}\sqrt{h_2+r_3+r_1}\sqrt{h_3+r_1+r_2}}{(r_1+r_2)(r_1+r_3)\sqrt{r_1+h_2}\sqrt{r_1+h_3}}$$

$$+r_1\sqrt{r_1+r_2+r_3}\left(\frac{\sqrt{r_3}\sqrt{h_2}\sqrt{h_3+r_1+r_2}+\sqrt{r_2}\sqrt{h_3}\sqrt{h_2+r_3+r_1}}{(r_1+r_2)(r_1+r_3)\sqrt{r_1+h_2}\sqrt{r_1+h_3}}\right)$$

$$=-\frac{\sqrt{h_2}\sqrt{h_3}}{\sqrt{r_1+h_2}\sqrt{r_1+h_3}}$$

$$+r_1\frac{(\sqrt{h_2}\sqrt{r_1+r_2+r_3}+\sqrt{r_2}\sqrt{h_2+r_3+r_1})(\sqrt{h_3}\sqrt{r_1+r_2+r_3}+\sqrt{r_3}\sqrt{h_3+r_1+r_2})}{(r_1+r_2)(r_1+r_3)\sqrt{r_1+h_2}\sqrt{r_1+h_3}}$$

$$\sqrt{r_1+h_2}\sqrt{r_1+h_3}\sin\frac{1}{2}(\varphi+\psi+\chi)=-\sqrt{h_2}\sqrt{h_3}+\frac{1}{4r_2r_3}\left(\frac{r_2\Delta_2+\Delta\sqrt{h_2}}{r_3+r_1}\right)\left(\frac{r_3\Delta_3+\Delta\sqrt{h_3}}{r_1+r_2}\right).$$

Hienach wird, wovon man sich auch ohne Hilfe der trigonometrischen Formeln 66) durch eine unmittelbare Umgestaltung der Gleichung 65) überzeugen kann,

$$d_1=-2\sqrt{h_2}\sqrt{h_3}+\frac{1}{2r_2r_3}\left(\frac{r_2\Delta_2+\Delta\sqrt{h_2}}{r_3+r_1}\right)\left(\frac{r_3\Delta_3+\Delta\sqrt{h_3}}{r_1+r_2}\right).$$

Setzt man also zur Abkürzung

$$d_1+2\sqrt{h_2}\sqrt{h_3}=p_1$$

$$d_2+2\sqrt{h_3}\sqrt{h_1}=p_2 \qquad 67)$$

$$d_3+2\sqrt{h_1}\sqrt{h_2}=p_3,$$

so erhält man die Formeln

$$
\begin{aligned}
p_1 &= \frac{1}{2r_2r_3}\left(\frac{r_2\Delta_2+\Delta\sqrt{h_2}}{r_3+r_1}\right)\left(\frac{r_3\Delta_3+\Delta\sqrt{h_3}}{r_1+r_2}\right)\\
p_2 &= \frac{1}{2r_3r_1}\left(\frac{r_3\Delta_3+\Delta\sqrt{h_3}}{r_1+r_2}\right)\left(\frac{r_1\Delta_1+\Delta\sqrt{h_1}}{r_2+r_3}\right)\\
p_3 &= \frac{1}{2r_1r_2}\left(\frac{r_1\Delta_1+\Delta\sqrt{h_1}}{r_2+r_3}\right)\left(\frac{r_2\Delta_2+\Delta\sqrt{h_2}}{r_3+r_1}\right)
\end{aligned} \tag{68}
$$

6.

Schafft man aus den Gleichungen 61), 62), 63), 68) die Ausdrücke

$$\frac{r_1\Delta_1+\Delta\sqrt{h_1}}{r_2+r_3},\ \frac{r_2\Delta_2+\Delta\sqrt{h_2}}{r_3+r_1},\ \frac{r_3\Delta_3+\Delta\sqrt{h_3}}{r_1+r_2}$$

fort, so wird

$$
\begin{aligned}
\mathfrak{K}_1(a_1, b_1) &= h_1^2+2r_1(h_1+l)\\
\mathfrak{K}_2(a_2, b_2) &= h_2^2+2r_2(h_2+m)\\
\mathfrak{K}_3(a_3, b_3) &= h_3^2+2r_3(h_3+n),
\end{aligned} \tag{69}
$$

wo zur Abkürzung

$$
\begin{aligned}
\frac{p_2p_3}{p_1} - 2h_1 &= l\\
\frac{p_3p_1}{p_2} - 2h_2 &= m\\
\frac{p_1p_2}{p_3} - 2h_3 &= n
\end{aligned} \tag{70}
$$

gesetzt worden ist, und es können die Gleichungen 69) statt der Gleichungen 48) in Verbindung mit den Gleichungen 47) zur Bestimmung von (u_1, v_1, r_1) (u_2, v_2, r_2) (u_3, v_3, r_3) dienen. Man hat dann den Vortheil, dass die Bestimmungsstücke der drei gesuchten Kreise von einander getrennt sind, und erhält die auf den Kreis $\mathfrak{K}_1$ sich beziehenden aus den Gleichungen

$$
\begin{aligned}
\mathfrak{K}_1(a_1, b_1) &= h_1^2+2r_1(h_1+l)\\
\mathfrak{K}_1(a_2, b_2) &= h_2^2+2r_1 h_2\\
\mathfrak{K}_1(a_3, b_3) &= h_3^2+2r_1 h_3.
\end{aligned} \tag{71}
$$

Um diese Gleichungen aufzulösen, sei

$$K = (x-f)^2+(y-g)^2-h^2 = 0 \tag{72}$$

die Gleichung des Kreises, welcher die drei gegebenen Kreise K_1, K_2, K_3 senkrecht schneidet, so dass also

$$K_1(f, g) = K_2(f, g) = K_3(f, g) = h^2 \tag{73}$$

ist, und man setze

$$\mathfrak{K}_1 - K = 2r_1(\mathfrak{A}_1 x+\mathfrak{B}_1 y+\mathfrak{C}_1).$$

In Folge der Gleichungen 71), 73) genügen dann die Coëfficienten $\mathfrak{A}_1$, $\mathfrak{B}_1$, $\mathfrak{C}_1$ den Gleichungen

$$
\begin{aligned}
a_1\mathfrak{A}_1+b_1\mathfrak{B}_1+\mathfrak{C}_1 &= h_1+l\\
a_2\mathfrak{A}_1+b_2\mathfrak{B}_1+\mathfrak{C}_1 &= h_2\\
a_3\mathfrak{A}_1+b_3\mathfrak{B}_1+\mathfrak{C}_1 &= h_3,
\end{aligned} \tag{74}
$$

durch welche sie vollkommen bestimmt sind, und es ist identisch

$$\mathfrak{K}_1 = K + 2r_1(\mathfrak{A}_1 x + \mathfrak{B}_1 y + \mathfrak{C}_1), \tag{75}$$

also namentlich

$$u_1 = f - \mathfrak{A}_1 r_1 \qquad v_1 = g - \mathfrak{B}_1 r_1. \tag{76}$$

Zur Bestimmung des Halbmessers r_1 dient die Formel

$$-\mathfrak{K}_1(u_1, v_1) - r_1^2 = 0,$$

aus welcher durch Einsetzung der Werthe 76) in die Identität 75) die quadratische Gleichung

$$P_1 r_1^2 - 2Q_1 r_1 + h^2 = 0 \tag{77}$$

entspringt; hierin ist zur Abkürzung

$$\mathfrak{A}_1^2 + \mathfrak{B}_1^2 - 1 = P_1$$

$$\mathfrak{A}_1 f + \mathfrak{B}_1 g + \mathfrak{C}_1 = Q_1$$

gesetzt worden.

Auf dieselbe Weise findet man

$$\left.\begin{aligned} \mathfrak{K}_2 &= K + 2r_2(\mathfrak{A}_2 x + \mathfrak{B}_2 y + \mathfrak{C}_2) \\ u_2 &= f - r_2\mathfrak{A}_2 \qquad v_2 = g - r_2\mathfrak{B}_2 \end{aligned}\right\} \tag{78}$$

$$P_2 r_2^2 - 2Q_2 r_2 + h^2 = 0 \tag{79}$$

$$\left.\begin{aligned} \mathfrak{K}_3 &= K + 2r_3(\mathfrak{A}_3 x + \mathfrak{B}_3 y + \mathfrak{C}_3) \\ u_3 &= f - r_3\mathfrak{A}_3 \qquad v_3 = g - r_3\mathfrak{B}_3 \end{aligned}\right\} \tag{80}$$

$$P_3 r_3^2 - 2Q_3 r_3 + h^2 = 0, \tag{81}$$

wo

$$\left.\begin{aligned} a_1\mathfrak{A}_2 + b_1\mathfrak{B}_2 + \mathfrak{C}_2 &= h_1 \\ a_2\mathfrak{A}_2 + b_2\mathfrak{B}_2 + \mathfrak{C}_2 &= h_2 + m \\ a_3\mathfrak{A}_2 + b_3\mathfrak{B}_2 + \mathfrak{C}_2 &= h_3 \\ \mathfrak{A}_2^2 + \mathfrak{B}_2^2 - 1 &= P_2 \\ \mathfrak{A}_2 f + \mathfrak{B}_2 g + \mathfrak{C}_2 &= Q_2 \end{aligned}\right\} \tag{82}$$

$$\left.\begin{aligned} a_1\mathfrak{A}_3 + b_1\mathfrak{B}_3 + \mathfrak{C}_3 &= h_1 \\ a_2\mathfrak{A}_3 + b_2\mathfrak{B}_3 + \mathfrak{C}_3 &= h_2 \\ a_3\mathfrak{A}_3 + b_3\mathfrak{B}_3 + \mathfrak{C}_3 &= h_3 + n \\ \mathfrak{A}_3^2 + \mathfrak{B}_3^2 - 1 &= P_3 \\ \mathfrak{A}_3 f + \mathfrak{B}_3 g + \mathfrak{C}_3 &= Q_3. \end{aligned}\right\} \tag{83}$$

Es bleibt noch zu untersuchen, welche Wurzeln der quadratischen Gleichungen 77), 79), 81) einander zuzuordnen sind, damit den Gleichungen 48) genügt werde. Um jede Unklarheit zu vermeiden, will ich annehmen, dass keiner der Ausdrücke P_1, P_2, P_3 verschwindet, dass also die genannten quadratischen Gleichungen je zwei endliche Wurzeln haben und keiner der gefundenen Kreise in eine Gerade ausartet; ein solcher Fall kann als Grenzfall betrachtet werden und bedarf keiner besonderen Behandlung.

Zur Auflösung der Gleichung 77) ist vor allem die Kenntniss des Ausdruckes

$$Q_1^2 - h^2 P_1 = (P_1 r_1 - Q_1)^2$$

nothwendig, welcher in folgender Weise gefunden werden kann.

Den Gleichungen 74), 76) zufolge ist

$$\begin{aligned} (u_1 - a_1)\mathfrak{A}_1 + (v_1 - b_1)\mathfrak{B}_1 + r_1 + h_1 + l + P_1 r_1 - Q_1 &= 0 \\ (u_1 - a_2)\mathfrak{A}_1 + (v_1 - b_2)\mathfrak{B}_1 + r_1 + h_2 \qquad + P_1 r_1 - Q_1 &= 0 \\ (u_1 - a_3)\mathfrak{A}_1 + (v_1 - b_3)\mathfrak{B}_1 + r_1 + h_3 \qquad + P_1 r_1 - Q_1 &= 0, \end{aligned}$$

woraus durch Beseitigung von $\mathfrak{A}_1$ $\mathfrak{B}_1$

$$\begin{vmatrix} u_1-a_1, & v_1-b_1, & r_1+h_1+l+P_1 r_1-Q_1 \\ u_1-a_2, & v_1-b_2, & r_1+h_2 \quad +P_1 r_1-Q_1 \\ u_1-a_3, & v_1-b_3, & r_1+h_3 \quad +P_1 r_1-Q_1 \end{vmatrix} = 0,$$

oder

$$-D(P_1 r_1-Q_1) = \begin{vmatrix} u_1-a_1, & v_1-b_1, & r_1+h_1+l \\ u_1-a_2, & v_1-b_2, & r_1+h_2 \\ u_1-a_3, & v_1-b_3, & r_1+h_3 \end{vmatrix}$$

entspringt. Durch zeilenweise Multiplication ist nun

$$D^2(P_1 r_1-Q_1)^2 = \begin{vmatrix} u_1-a_1, & v_1-b_1, & r_1+h_1+l \\ u_1-a_2, & v_1-b_2, & r_1+h_2 \\ u_1-a_3, & v_1-b_3, & r_1+h_3 \end{vmatrix} \begin{vmatrix} a_1-u_1, & b_1-v_1, & r_1+h_1+l \\ a_2-u_1, & b_2-v_1, & r_1+h_2 \\ a_3-u_1, & b_3-v_1, & r_1+h_3 \end{vmatrix}$$

$$= \begin{vmatrix} \lambda & \nu' & \mu' \\ \nu' & \mu & \lambda' \\ \mu' & \lambda' & \nu \end{vmatrix},$$

wo auf Grund der Gleichungen 71), 70)

$$\lambda = (r_1+h_1+l)^2-(u_1-a_1)^2-(v_1-b_1)^2 = \frac{l p_2 p_3}{p_1}$$

$$= \frac{p_2 p_3}{p_1^2}\left[d_2 d_3 + 2\sqrt{h_1}\left(d_2\sqrt{h_2}+d_3\sqrt{h_3}-d_1\sqrt{h_1}\right)\right]$$

$$\mu = (r_1+h_2)^2-(u_1-a_2)^2-(v_1-b_2)^2 = 0$$

$$\nu = (r_1+h_3)^2-(u_1-a_3)^2-(v_1-b_3)^2 = 0$$

$$\lambda' = (r_1+h_2)(r_1+h_3)-(a_2-u_1)(a_3-u_1)-(b_2-v_1)(b_3-v_1)$$

$$= \frac{1}{2} d_1^2$$

$$\mu' = (r_1+h_1+l)(r_1+h_3)-(a_1-u_1)(a_3-u_1)-(b_1-v_1)(b_3-v_1)$$

$$= (r_1+h_1+l)(r_1+n_3)+\frac{1}{2}d_2^2+\frac{1}{2}(h_1-h_3)^2$$

$$-\frac{1}{2}\left[(u_1-a_1)^2+(v_1-b_1)^2+(u_1-a_3)^2+(v_1-b_3)^2\right]$$

$$= \frac{1}{2}d_2^2+l h_3$$

$$= \frac{p_2}{p_1}\left[\frac{1}{2}d_1 d_2+\sqrt{h_3}\left(d_2\sqrt{h_2}+d_3\sqrt{h_3}-d_1\sqrt{h_1}\right)\right]$$

$$\nu' = (r_1+h_1+l)(r_1+h_2)-(u_1-a_1)(u_1-a_2)-(v_1-b_1)(v_1-b_2)$$

$$= \frac{1}{2}d_3^2+l h_2$$

$$= \frac{p_3}{p_1}\left[\frac{1}{2}d_1 d_3+\sqrt{h_2}\left(d_2\sqrt{h_2}+d_3\sqrt{h_3}-d_1\sqrt{h_1}\right)\right]$$

ist. Hiernach wird also durch Entwicklung der Determinante

$$D^2(Q_1^2-h^2 P_1) = \lambda'(2\mu'\nu'-\lambda\lambda')$$

$$= \frac{{}_3p\,{}_2p}{{}_1p^2}\, d_1^2\left(-d_1\sqrt{h_1}+d_2\sqrt{h_2}+d_3\sqrt{h_3}\right)^2 \qquad 84)$$

und durch Buchstabenvertauschung

$$D^2(Q_2^2-h^2P_2)=\frac{p_3p_1}{2p_2}d_2^2(d_1\sqrt{h_1}-d_2\sqrt{h_2}+d_3\sqrt{h_3})^2 \qquad 85)$$

$$D^2(Q_3^2-h^2P_3)=\frac{p_1p_2}{2p_3}d_3^2(d_1\sqrt{h_1}+d_2\sqrt{h_2}-d_3\sqrt{h_3})^2. \qquad 86)$$

Mit Hilfe dieser Formeln ergeben sich für die Wurzeln der Gleichungen 77), 79), 81) die Ausdrücke

$$\begin{aligned}
r_1 &= \frac{Q_1}{P_1}+\frac{d_1(-d_1\sqrt{h_1}+d_2\sqrt{h_2}+d_3\sqrt{h_3})}{DP_1}\sqrt{\frac{p_2p_3}{2p_1}}\\
\frac{h^2}{r_1} &= Q_1-\frac{d_1(-d_1\sqrt{h_1}+d_2\sqrt{h_2}+d_3\sqrt{h_3})}{D}\sqrt{\frac{p_2p_3}{2p_1}}\\
r_2 &= \frac{Q_2}{P_2}+\frac{d_2(d_1\sqrt{h_1}-d_2\sqrt{h_2}+d_3\sqrt{h_3})}{DP_2}\sqrt{\frac{p_3p_1}{2p_2}}\\
\frac{h^2}{r_2} &= Q_2-\frac{d_2(d_1\sqrt{h_1}-d_2\sqrt{h_2}+d_3\sqrt{h_3})}{D}\sqrt{\frac{p_3p_1}{2p_2}}\\
r_3 &= \frac{Q_3}{P_3}+\frac{d_3(d_1\sqrt{h_1}+d_2\sqrt{h_2}-d_3\sqrt{h_3})}{DP_3}\sqrt{\frac{p_1p_2}{2p_3}}\\
\frac{h^2}{r_3} &= Q_3-\frac{d_3(d_1\sqrt{h_1}+d_2\sqrt{h_2}-d_3\sqrt{h_3})}{D}\sqrt{\frac{p_1p_2}{2p_3}},
\end{aligned} \qquad 87)$$

worin die Quadratwurzelzeichen doppeldeutig zu denken sind.

Setzt man nun zur Abkürzung, unter u_1, v_1, u_2, v_2, u_3, v_3 die Werthe 76), 78), 80) verstanden,

$$\begin{aligned}
(u_2-u_3)^2+(v_2-v_3)^2-(r_2+r_3)^2 &= 2\nabla_1\\
(u_3-u_1)^2+(v_3-v_1)^2-(r_3+r_1)^2 &= 2\nabla_2\\
(u_1-u_2)^2+(v_1-v_2)^2-(r_1+r_2)^2 &= 2\nabla_3\\
D^2(Q_2Q_3-h^2(\mathfrak{A}_2\mathfrak{A}_3+\mathfrak{B}_2\mathfrak{B}_3+1)) &= \mathfrak{D}_1\\
D^2(Q_3Q_1-h^2(\mathfrak{A}_3\mathfrak{A}_1+\mathfrak{B}_3\mathfrak{B}_1+1)) &= \mathfrak{D}_2\\
D^2(Q_1Q_2-h^2(\mathfrak{A}_1\mathfrak{A}_2+\mathfrak{B}_1\mathfrak{B}_2+1)) &= \mathfrak{D}_3,
\end{aligned}$$

so ergibt sich

$$2\nabla_1=P_2r_2^2+P_3r_3^2-2(\mathfrak{A}_2\mathfrak{A}_3+\mathfrak{B}_2\mathfrak{B}_3+1)r_2r_3,$$

und mit Hilfe der quadratischen Gleichungen 79), 81) so wie durch Buchstabenverwandlung

$$\begin{aligned}
\nabla_1 &= Q_2r_2+Q_3r_3-(\mathfrak{A}_2\mathfrak{A}_3+\mathfrak{B}_2\mathfrak{B}_3+1)r_2r_3-h^2\\
\nabla_2 &= Q_3r_3+Q_1r_1-(\mathfrak{A}_3\mathfrak{A}_1+\mathfrak{B}_3\mathfrak{B}_1+1)r_3r_1-h^2\\
\nabla_3 &= Q_1r_1+Q_2r_2-(\mathfrak{A}_1\mathfrak{A}_2+\mathfrak{B}_1\mathfrak{B}_2+1)r_1r_2-h^2\\
\frac{D^2h^2}{r_2r_3}\nabla_1 &= \mathfrak{D}_1-D^2\left(\frac{h^2}{r_2}-Q_2\right)\left(\frac{h^2}{r_3}-Q_3\right)\\
\frac{D^2h^2}{r_3r_1}\nabla_2 &= \mathfrak{D}_2-D^2\left(\frac{h^2}{r_3}-Q_3\right)\left(\frac{h^2}{r_1}-Q_1\right)\\
\frac{D^2h^2}{r_1r_2}\nabla_3 &= \mathfrak{D}_3-D^2\left(\frac{h^2}{r_1}-Q_1\right)\left(\frac{h^2}{r_2}-Q_2\right).
\end{aligned} \qquad 88)$$

Damit also die Gleichungen 48) bestehen oder die Ausdrücke ∇_1, ∇_2, ∇_3 verschwinden, ist unter der Voraussetzung, dass h^2 nicht gleich Null ist, nothwendig und hinreichend, dass

$$\mathfrak{D}_1 - D^2\left(\frac{h^2}{r_2} - Q_2\right)\left(\frac{h^2}{r_3} - Q_3\right) = 0$$

$$\mathfrak{D}_2 - D^2\left(\frac{h^2}{r_3} - Q_3\right)\left(\frac{h^2}{r_1} - Q_1\right) = 0$$

$$\mathfrak{D}_3 - D^2\left(\frac{h^2}{r_1} - Q_1\right)\left(\frac{h^2}{r_2} - Q_2\right) = 0$$

sei, welche Bedingungen durch Einsetzung der Ausdrücke 87) die Gestalt

$$\begin{aligned}
d_2 d_3 \left(d_1^2 h_1 - (d_2\sqrt{h_2} - d_3\sqrt{h_3})^2\right)\sqrt{\frac{p_3 p_1}{2p_2}}\sqrt{\frac{p_1 p_2}{2p_3}} &= \mathfrak{D}_1 \\
d_3 d_1 \left(d_2^2 h_2 - (d_3\sqrt{h_3} - d_1\sqrt{h_1})^2\right)\sqrt{\frac{p_1 p_2}{2p_3}}\sqrt{\frac{p_2 p_3}{2p_1}} &= \mathfrak{D}_2 \\
d_1 d_2 \left(d_3^2 h_3 - (d_1\sqrt{h_1} - d_2\sqrt{h_2})^2\right)\sqrt{\frac{p_2 p_3}{2p_1}}\sqrt{\frac{p_3 p_1}{2p_2}} &= \mathfrak{D}_3
\end{aligned} \tag{89}$$

annehmen.

Zur Bestimmung von $\mathfrak{D}_1$ hat man die Identität

$$\begin{aligned}
2\mathfrak{D}_1 = {} & D^2(Q_2^2 - h^2 P_2) + D^2(Q_3^2 - h^2 P_3) - D^2(Q_2 - Q_3)^2 \\
& + D^2 h^2(\mathfrak{A}_2 - \mathfrak{A}_3)^2 + D^2 h^2(\mathfrak{B}_2 - \mathfrak{B}_3)^2 - 4D^2 h^2
\end{aligned} \tag{90}$$

und erhält die Bestandtheile der rechten Seite der Reihe nach in folgender Weise.

Nach 85), 86) ist zunächst

$$\begin{aligned}
D^2(Q_2^2 - h^2 P_2) + D^2(Q_3^2 - h^2 P_2) = {} & \frac{p_1}{2p_2 p_3}\left[p_3 d_2(d_1\sqrt{h_1} - d_2\sqrt{h_2} + d_3\sqrt{h_3}) - p_2 d_3(d_1\sqrt{h_1} + d_2\sqrt{h_2} - d_3\sqrt{h_3})\right]^2 \\
& + p_1 d_2 d_3\left(d_1^2 h_1 - (d_2\sqrt{h_2} - d_3\sqrt{h_3})^2\right) \\
= {} & p_1 d_2 d_3\left(d_1^2 h_1 - (d_2\sqrt{h_2} - d_3\sqrt{h_3})^2\right) \\
& + \frac{2p_1}{p_2 p_2}(d_2\sqrt{h_2} - d_3\sqrt{h_3})^2\left(d_2 d_3 + \sqrt{h_1}(-d_1\sqrt{h_1} + d_2\sqrt{h_2} + d_3\sqrt{h_3})\right)^2.
\end{aligned} \tag{91}$$

Ferner ist

$$D Q_2 = \begin{vmatrix} a_1 - f, & b_1 - g, & h_1 \\ a_2 - f, & b_2 - g, & h_2 + m \\ a_3 - f, & b_3 - g, & h_3 \end{vmatrix}$$

$$D Q_3 = \begin{vmatrix} a_1 - f, & b_1 - g, & h_1 \\ a_2 - f, & b_2 - g, & h_2 \\ a_3 - f, & b_3 - g, & h_3 + n \end{vmatrix}$$

und daher

$$D(Q_2 - Q_3) = \begin{vmatrix} a_1 - f, & b_1 - g, & 0 \\ a_2 - f, & b_2 - g, & m \\ a_3 - f, & b_3 - g, & -n \end{vmatrix}$$

$$= -m\begin{vmatrix} a_1 - f, & b_1 - g \\ a_3 - f, & b_3 - g \end{vmatrix} - n\begin{vmatrix} a_1 - f, & b_1 - g \\ a_2 - f, & b_2 - g \end{vmatrix},$$

sowie durch zeilenweise Multiplication auf Grund der Gleichungen 73)

$$D^2(Q_2-Q_3)^2 = m^2 \begin{vmatrix} h^2+h_1^2, & h^2+\frac{1}{2}(h_1^2+h_3^2-b^2) \\ h^2+\frac{1}{2}(h_1^2+h_3^2-b^2), & h^2+h_3^2 \end{vmatrix}$$

$$+n^2 \begin{vmatrix} h^2+h_1^2, & h^2+\frac{1}{2}(h_1^2+h_2^2-c^2) \\ h^2+\frac{1}{2}(h_1^2+h_2^2-c^2), & h^2+h_2^2 \end{vmatrix}$$

$$+2mn \begin{vmatrix} h^2+h_1^2, & h^2+\frac{1}{2}(h_1^2+h_3^2-b^2) \\ h^2+\frac{1}{2}(h_1^2+h_2^2-c^2), & h^2+\frac{1}{2}(h_2^2+h_3^2-a^2) \end{vmatrix}.$$

Da aber

$$\frac{1}{4}(h_1^2+h_3^2-b^2)^2-h_1^2h_3^2 = \frac{1}{4}p_2 d_2^2(d_2-2\sqrt{h_1}\sqrt{h_2})$$

$$\frac{1}{4}(h_1^2+h_2^2-c^2)^2-h_1^2h_2^2 = \frac{1}{4}p_3 d_3^2(d_3-2\sqrt{h_1}\sqrt{h_2})$$

$$\frac{1}{4}(h_1^2+h_3^2-b^2)(h_1^2+h_2^2-c^2)-\frac{1}{2}h_1^2(h_2^2+h_3^2-a^2) = \frac{1}{4}d_2^2d_3^2-\frac{1}{2}h_1(-d_1^2h_1+d_2^2h_2+d_3^2h_3)$$

ist, so ergibt sich durch Entwicklung der Determinanten

$$\begin{aligned} D^2(Q_2-Q_3)^2 &= [m^2b^2+n^2c^2+mn(b^2+c^2-a^2)]h^2 \\ &-\frac{1}{4}m^2p_2d_2^2(d_2-2\sqrt{h_1}\sqrt{h_3})-\frac{1}{4}n^2p_3d_3^2(d_3-2\sqrt{h_1}\sqrt{h_2}) \\ &-mn\left(\frac{1}{2}d_2^2d_3^2-h_1(-d_1^2h_1+d_2^2h_2+d_3^2h_3)\right). \end{aligned} \tag{92}$$

Aus den Gleichungen 82), 83) folgt durch Subtraction

$$a_1(\mathfrak{A}_2-\mathfrak{A}_3)+b_1(\mathfrak{B}_2-\mathfrak{B}_3)+\mathfrak{C}_2-\mathfrak{C}_3 = 0$$
$$a_2(\mathfrak{A}_2-\mathfrak{A}_3)+b_2(\mathfrak{B}_2-\mathfrak{B}_3)+\mathfrak{C}_2-\mathfrak{C}_3 = m$$
$$a_3(\mathfrak{A}_2-\mathfrak{A}_3)+b_3(\mathfrak{B}_2-\mathfrak{B}_3)+\mathfrak{C}_2-\mathfrak{C}_3 = -n,$$

und, indem man diese Gleichungen auflöst,

$$\begin{aligned} D(\mathfrak{A}_2-\mathfrak{A}_3) &= (b_3-b_1)m+(b_2-b_1)n \\ -D(\mathfrak{B}_2-\mathfrak{B}_3) &= (a_3-a_1)m+(a_2-a_1)n \\ D^2(\mathfrak{A}_2-\mathfrak{A}_3)^2+D^2(\mathfrak{B}_2-\mathfrak{B}_3)^2 &= m^2b^2+n^2c^2+(b^2+c^2-a^2)mn. \end{aligned} \tag{93}$$

Der Ausdruck für das Halbmesserquadrat h^2 wird einfach durch zeilenweise Multiplication der beiden Determinanten

$$Dh^2 = \begin{vmatrix} 0, & 0, & 0, & 1 \\ a_1-f, & b_1-g, & -h^2, & -h_1 \\ a_2-f, & b_2-g, & -h^2, & -h_2 \\ a_3-f, & b_3-g, & -h^2, & -h_3 \end{vmatrix}$$

$$D = -\begin{vmatrix} 0, & 0, & 0, & 1 \\ a_1-f, & b_1-g, & 1, & h_1 \\ a_2-f, & b_2-g, & 1, & h_2 \\ a_3-f, & b_3-g, & 1, & h_3 \end{vmatrix}$$

erhalten. Es wird nämlich unter Berücksichtigung der Gleichungen 73)

$$D^2 h^2 = -\begin{vmatrix} 1, & -h_1, & -h_2, & -h_3 \\ h_1, & 0, & -\frac{1}{2} d_3^2, & -\frac{1}{2} d_2^2 \\ h_2, & -\frac{1}{2} d_3^2, & 0, & -\frac{1}{2} d_1^2 \\ h_3, & -\frac{1}{2} d_2^2, & -\frac{1}{2} d_1^2, & 0 \end{vmatrix}$$

$$\begin{aligned} 4D^2 h^2 = & \; d_1^2 d_2^2 d_3^2 + d_1^4 h_1^2 + d_2^4 h_2^2 + d_3^4 h_3^2 \\ & -2d_2^2 d_3^2 h_2 h_3 - 2d_3^2 d_1^2 h_3 h_1 - 2d_1^2 d_2^2 h_1 h_2. \end{aligned} \tag{94}$$

Setzt man aus den Gleichungen 91), 92), 93), 94) die rechte Seite der Gleichung 90) zusammen, so wird

$$2\mathfrak{D}_1 = p_1 d_2 d_3 (d_1^2 h_1 - (d_2 \sqrt{h_2} - d_3 \sqrt{h_3})^2) + \frac{H}{p_2 p_3},$$

wo H zur Abkürzung den Ausdruck

$$\begin{aligned} & 2p_1 (d_2 \sqrt{h_2} - d_3 \sqrt{h_3})^2 (d_2 d_3 + \sqrt{h_1} (-d_1 \sqrt{h_1} + d_2 \sqrt{h_2} + d_3 \sqrt{h_3}))^2 \\ & + \frac{1}{4} m^2 p_2^2 p_3 d_2^2 (d_2 - 2\sqrt{h_1} \sqrt{h_3}) + \frac{1}{4} n^2 p_2 p_3^2 d_3^2 (d_3 - 2\sqrt{h_1} \sqrt{h_2}) \\ & + mn \left(\frac{1}{2} d_2^2 d_3^2 - h_1 (-d_1^2 h_1 + d_2^2 h_2 + d_3^2 h_3) \right) p_2 p_3 \\ & - p_2 p_3 (d_1^2 d_2^2 d_3^2 + d_1^4 h_1^2 + d_2^4 h_2^2 + d_3^4 h_3^2) \\ & + 2p_2 p_3 (d_2^2 d_3^2 h_2 h_3 + d_3^2 d_1^2 h_3 h_1 + d_1^2 d_2^2 h_1 h_2) \end{aligned}$$

bezeichnet. Von diesem Ausdruck ist es leicht, ohne denselben zu entwickeln, zu zeigen, dass er identisch gleich Null ist. Man setze nämlich für einen Augenblick in demselben

$$d_1 \sqrt{h_1} = 2\alpha \qquad d_2 \sqrt{h_2} = 2\beta \qquad d_3 \sqrt{h_3} = 2\gamma$$

$$\sqrt{h_1} \sqrt{h_2} \sqrt{h_3} = t.$$

Es geht dann H ohne jede weitere Entwicklung, wenn man sich an die Bedeutungen 67) 70) der Zeichen p_1, p_2, p_3, l, m, n erinnert, von dem Factor $\frac{64}{h_1 h_2 h_3 \sqrt{h_2} \sqrt{h_3}}$ abgesehen, über in

$$\begin{aligned} & t(t+\alpha)(\beta-\gamma)^2 (2\beta\gamma + t(-\alpha+\beta+\gamma))^2 \\ & + \beta^2 (t+\gamma)(\beta-t) \left[(t+\alpha)(t+\gamma) - t(t+\beta)\right]^2 + \gamma^2 (t+\beta)(\gamma-t) \left[(t+\alpha)(t+\beta) - t(t+\gamma)\right]^2 \\ & + \left[(t+\alpha)(t+\gamma) - t(t+\beta)\right] \left[(t+\alpha)(t+\beta) - t(t+\gamma)\right] \left(2\beta^2\gamma^2 - t^2(\beta^2+\gamma^2-\alpha^2)\right) \\ & - (t+\beta)(t+\gamma)\left(4\alpha^2\beta^2\gamma^2 + t^2(\alpha^4+\beta^4+\gamma^4 - 2\beta^2\gamma^2 - 2\gamma^2\alpha^2 - 2\alpha^2\beta^2)\right). \end{aligned}$$

Da der Coëfficient von t^4 in dem vorstehenden Ausdrucke, nämlich

$$\begin{aligned} & (\beta-\gamma)^2(\beta+\gamma-\alpha)^2 - \beta^2(\alpha-\beta+\gamma)^2 - \gamma^2(\alpha+\beta-\gamma)^2 - (\beta^2+\gamma^2-\alpha^2)\left(\alpha^2 - (\beta^2-\gamma^2)\right) \\ & - \alpha^4 - \beta^4 - \gamma^4 + 2\beta^2\gamma^2 + 2\gamma^2\alpha^2 + 2\alpha^2\beta^2 \end{aligned}$$

gleich Null ist, so ist dieser Ausdruck eine ganze Function dritten Grades von t und es ist leicht festzustellen, dass derselbe verschwindet, wenn statt t einer der Werthe

$$0, \quad -\alpha, \quad -\beta, \quad -\gamma$$

gesetzt wird. Derselbe muss also identisch verschwinden und man hat

$$\mathfrak{D}_1 = \frac{1}{2} p_1 d_2 d_3 (d_1^2 h_1 - (d_2 \sqrt{h_2} - d_3 \sqrt{h_3})^2),$$

sowie durch Buchstabenvertauschung

$$\mathfrak{D}_2 = \frac{1}{2} p_2 d_3 d_1 (d_2^2 h_2 - (d_3 \sqrt{h_3} - d_1 \sqrt{h_1})^2)$$

$$\mathfrak{D}_3 = \frac{1}{2} p_3 d_1 d_2 (d_3^2 h_3 - (d_1 \sqrt{h_1} - d_2 \sqrt{h_2})^2).$$

Durch Einsetzung dieser Werthe in 89) findet man als nothwendige und hinreichende Bedingungen des Bestehens der Gleichungen 48)

$$\sqrt{\frac{p_3 p_1}{2p_2}} \sqrt{\frac{p_1 p_2}{2p_3}} = \frac{1}{2} p_1$$

$$\sqrt{\frac{p_1 p_2}{2p_3}} \sqrt{\frac{p_2 p_3}{2p_1}} = \frac{1}{2} p_2$$

$$\sqrt{\frac{p_2 p_3}{2p_1}} \sqrt{\frac{p_3 p_1}{2p_2}} = \frac{1}{2} p_3,$$

welche erfüllt werden, wenn man

$$\sqrt{\frac{p_2 p_3}{2p_1}} = \frac{1}{p_1} \sqrt{\frac{1}{2} p_1 p_2 p_3}$$

$$\sqrt{\frac{p_3 p_1}{2p_2}} = \frac{1}{p_2} \sqrt{\frac{1}{2} p_1 p_2 p_3}$$

$$\sqrt{\frac{p_1 p_2}{2p_3}} = \frac{1}{p_3} \sqrt{\frac{1}{2} p_1 p_2 p_3}$$

setzt und unter $\sqrt{\frac{1}{2} p_1 p_2 p_3}$ überall denselben Werth versteht, so dass für die Halbmesser der gesuchten Kreise eine der folgenden Formelgruppen gilt:

$$\begin{aligned}
D P_1 r_1 &= D Q_1 + \frac{d_1}{p_1} (-d_1 \sqrt{h_1} + d_2 \sqrt{h_2} + d_3 \sqrt{h_3}) \sqrt{\frac{1}{2} p_1 p_2 p_3} \\
D P_2 r_2 &= D Q_2 + \frac{d_2}{p_2} (d_1 \sqrt{h_1} - d_2 \sqrt{h_2} + d_3 \sqrt{h_3}) \sqrt{\frac{1}{2} p_1 p_2 p_3} \\
D P_3 r_3 &= D Q_3 + \frac{d_3}{p_3} (d_1 \sqrt{h_1} + d_2 \sqrt{h_2} - d_3 \sqrt{h_3}) \sqrt{\frac{1}{2} p_1 p_2 p_3} \\
D P_1 r_1 &= D Q_1 - \frac{d_1}{p_1} (-d_1 \sqrt{h_1} + d_2 \sqrt{h_2} + d_3 \sqrt{h_3}) \sqrt{\frac{1}{2} p_1 p_2 p_3} \\
D P_2 r_2 &= D Q_2 - \frac{d_2}{p_2} (d_1 \sqrt{h_1} - d_2 \sqrt{h_2} + d_3 \sqrt{h_3}) \sqrt{\frac{1}{2} p_1 p_2 p_3} \\
D P_3 r_3 &= D Q_3 - \frac{d_3}{p_3} (d_1 \sqrt{h_1} + d_2 \sqrt{h_2} - d_3 \sqrt{h_3}) \sqrt{\frac{1}{2} p_1 p_2 p_3}
\end{aligned} \tag{95}$$

Wenn $h^2 = 0$ ist oder die gegebenen Kreise K_1, K_2, K_3 sich in einem Punkte schneiden, so haben die quadratischen Gleichungen 77), 79), 81) je eine verschwindende Wurzel, welche drei Wurzeln auf Grund der

Gleichungen 88) einander zuzuordnen sind, und es ist leicht aus dem allgemeinen Fall zu schliessen, dass die andern drei Wurzeln

$$\frac{2Q_1}{P_1}, \quad \frac{2Q_2}{P_2}, \quad \frac{2Q_3}{P_3}$$

den Gleichungen 48) Genüge leisten.

Aus den Formeln 95) folgt leicht, dass die Anzahl sämmtlicher Auflösungen der Gleichungen 47), 48), wenn auch negative Werthe der Halbmesser h_1, h_2, h_3 zugelassen werden, im Allgemeinen 64 beträgt.

7.

Plücker[1] geht behufs Auflösung der in den Abschnitten 5 und 6 behandelten Aufgabe von drei sich von aussen berührenden Kreisen $\mathfrak{K}_1$, $\mathfrak{K}_2$, $\mathfrak{K}_3$ aus, construirt drei Kreise K_1, K_2, K_3 von gleichen Halbmessern, von denen K_1 die Kreise $(\mathfrak{K}_2, \mathfrak{K}_3)$, K_2 die Kreise $(\mathfrak{K}_3, \mathfrak{K}_1)$ und K_3 die Kreise $(\mathfrak{K}_1, \mathfrak{K}_2)$ von aussen berührt, zieht die drei gemeinschaftlichen inneren Tangenten der Kreispaare $(\mathfrak{K}_2, \mathfrak{K}_3)$, $(\mathfrak{K}_3, \mathfrak{K}_1)$, $(\mathfrak{K}_1, \mathfrak{K}_2)$, beschreibt drei Hilfskreise $\mathfrak{H}_1$, $\mathfrak{H}_2$, $\mathfrak{H}_3$, von denen der erste den Kreis K_1 von aussen und die gemeinschaftlichen inneren Tangenten der Kreispaare $(\mathfrak{K}_1, \mathfrak{K}_2)$, $(\mathfrak{K}_1, \mathfrak{K}_3)$ auf der entgegengesetzten Seite wie $\mathfrak{K}_1$ berührt und die beiden anderen eine ähnliche Lage in Bezug auf K_2 und K_3 haben, und behauptet, dass die Potenzlinien (Chordalen nach seiner Benennung) je zweier der Kreise K_1, K_2, K_3 gemeinschaftliche innere Tangenten der Kreispaare $(\mathfrak{H}_2, \mathfrak{H}_3)$, $(\mathfrak{H}_3, \mathfrak{H}_1)$, $(\mathfrak{H}_1, \mathfrak{H}_2)$ sind.

Um diese Behauptung, welche Plücker ohne Beweis aufstellt, zu prüfen, seien

$$\begin{aligned}
\mathfrak{K}_1 &= (x-u_1)^2+(y-v_1)^2-r_1^2=0\\
\mathfrak{K}_2 &= (x-u_2)^2+(y-v_2)^2-r_2^2=0\\
\mathfrak{K}_3 &= (x-u_3)^2+(y-v_3)^2-r_3^2=0\\
K_1 &= (x-a_1)^2+(y-b_1)^2-h_1^2=0\\
K_2 &= (x-a_2)^2+(y-b_2)^2-h_2^2=0\\
K_3 &= (x-a_3)^2+(y-b_3)^2-h_3^2=0\\
\mathfrak{H}_1 &= (x-\alpha_1)^2+(y-\beta_1)^2-\rho_1^2=0\\
\mathfrak{H}_2 &= (x-\alpha_2)^2+(y-\beta_2)^2-\rho_2^2=0\\
\mathfrak{H}_3 &= (x-\alpha_3)^2+(y-\beta_3)^2-\rho_3^2=0
\end{aligned}$$

die Gleichungen der Kreise $\mathfrak{K}_1$, $\mathfrak{K}_2$, $\mathfrak{K}_3$, K_1, K_2, K_3 und der Hilfskreise $\mathfrak{H}_1$, $\mathfrak{H}_2$, $\mathfrak{H}_3$. Es finden dann ausser den Gleichungen 47), 48) noch neun Gleichungen für die Hilfskreise $\mathfrak{H}_1$, $\mathfrak{H}_2$, $\mathfrak{H}_3$ statt, von denen nur die auf den ersten derselben sich beziehenden hergesetzt werden sollen:

$$\left.\begin{aligned}
\mathfrak{K}_1(\alpha_1, \beta_1)-\mathfrak{K}_2(\alpha_1, \beta_1) &= 2\rho_1(r_1+r_2)\\
\mathfrak{K}_1(\alpha_1, \beta_1)-\mathfrak{K}_3(\alpha_1, \beta_1) &= 2\rho_1(r_1+r_3)
\end{aligned}\right\} \quad 96)$$

$$K_1(\alpha_1, \beta_1) = 2\rho_1 h_1+\rho_1^2. \qquad 97)$$

Bezeichnen r, u, v den Halbmesser und die Mittelpunktscoordinanten des Kreises, welcher die Kreise $\mathfrak{K}_1$, $\mathfrak{K}_2$, $\mathfrak{K}_3$ senkrecht schneidet, so dass also

$$\mathfrak{K}_1(u, v) = \mathfrak{K}_2(u, v) = \mathfrak{K}_3(u, v) = r^2 = \frac{r_1 r_2 r_3}{r_1+r_2+r_3}$$

ist und werden die Bezeichnungen der Abschnitte 5 und 6 beibehalten, so kann man in dem vorliegenden Falle immer Δ, $\sqrt{h_1}$, $\sqrt{h_2}$, $\sqrt{h_3}$ positiv voraussetzen, und wenn man annimmt, dass die Kreise K_1, K_2, K_3 unter

[1] Analytisch-geometrische Aphorismen, VI, 2, im 11. Bande des Crelle'schen Journals für Mathematik.

den zwei möglichen Lagen eines jeden diejenige haben, in Bezug auf welche die Potenz des Punktes (u, v) (für diese Kreise) die grössere ist, so müssen auch Δ_1, Δ_2, Δ_3 positiv sein. Man erhält nämlich die Potenz des Punktes (u, v) in Bezug auf den Kreis K_1, wenn man in der Identität 55)

$$x = u \qquad y = v$$

setzt. Hiedurch entspringt

$$K_1(u, v) = r^2 + \frac{2D}{(r_2+r_3)^2}\begin{vmatrix} 1 & u & v \\ 1 & u_2 & v_2 \\ 1 & u_3 & v_3 \end{vmatrix} + \frac{4h_1 r_2 r_3}{r_2+r_3},$$

und da nach 37)

$$\begin{vmatrix} 1 & u & v \\ 1 & u_2 & v_2 \\ 1 & u_3 & v_3 \end{vmatrix} = \frac{2r_1 r_2 r_3 (r_2+r_3)}{\Delta}$$

ist, so wird

$$K_1(u, v) = r^2 + \frac{4h_1 r_2 r_3}{r_2+r_3} + \frac{4r_1 r_2 r_3}{(r_2+r_3)}\frac{\Delta_1 \sqrt{h_1}}{\Delta}, \tag{98}$$

und man sieht, dass der grössere Werth der Potenz $K(u, v)$ dem positiven Werthe von Δ_1 entspricht. Gleicherweise muss man Δ_2, Δ_3 positiv annehmen, damit, wie es die Plücker'sche Figur erheischt, $K_2(u, v)$, $K_3(u, v)$ grösser ausfallen, als für die zweiten möglichen Lagen der Kreise K_2, K_3.

Überdies ist unmittelbar ersichtlich, dass φ, ψ, χ in den Formeln 66) diejenigen Winkel sind, welche die von dem Mittelpunkte des Kreises $\mathfrak{K}_1$ nach den Mittelpunkten der Kreise $\mathfrak{K}_2$ und $\mathfrak{K}_3$, K_2 und $\mathfrak{K}_3$, K_3 und $\mathfrak{K}_2$ gezogenen Halbmesser bezüglich mit einander bilden, und dass also für die Längen a, b, c, der Seiten des von den Mittelpunkten der Kreise K_1, K_2, K_3 gebildeten Dreiecks nach 68) folgende Formeln gelten:

$$\begin{aligned} a &= 2\sqrt{r_1+h_2}\sqrt{r_1+h_3}\sin\frac{\varphi+\psi+\chi}{2} \\ &= -2\sqrt{h_2}\sqrt{h_3} + \frac{1}{2r_2 r_3}\left(\frac{\Delta\sqrt{h_2}+r_2\Delta_2}{r_3+r_1}\right)\left(\frac{\Delta\sqrt{h_3}+r_3\Delta_3}{r_1+r_2}\right) \\ b &= -2\sqrt{h_3}\sqrt{h_1} + \frac{1}{2r_3 r_1}\left(\frac{\Delta\sqrt{h_3}+r_3\Delta_3}{r_1+r_2}\right)\left(\frac{\Delta\sqrt{h_1}+r_1\Delta_1}{r_2+r_3}\right) \\ c &= -2\sqrt{h_1}\sqrt{h_2} + \frac{1}{2r_1 r_2}\left(\frac{\Delta\sqrt{h_1}+r_1\Delta_1}{r_2+r_3}\right)\left(\frac{\Delta\sqrt{h_2}+r_2\Delta_2}{r_3+r_1}\right). \end{aligned} \tag{99}$$

Setzt man daher

$$h_1 = h_2 = h_3 = d$$

und zur Abkürzung

$$r_1+r_2+r_3 = s$$

$$\frac{\sqrt{ds}+\sqrt{r_1(d+r_2+r_3)}}{r_2+r_3} = q_1$$

$$\frac{\sqrt{ds}+\sqrt{r_2(d+r_3+r_1)}}{r_3+r_1} = q_2$$

$$\frac{\sqrt{ds}+\sqrt{r_3(d+r_1+r_2)}}{r_1+r_2} = q_3,$$

so hat man in Folge der aus 60), 54), 58), 59) entspringenden Gleichungen

$$\Delta = 2\sqrt{s r_1 r_2 r_3}$$

$$\Delta_1 = 2\sqrt{r_2 r_3 (d+r_2+r_3)}$$
$$\Delta_2 = 2\sqrt{r_3 r_1 (d+r_3+r_1)}$$
$$\Delta_3 = 2\sqrt{r_1 r_2 (d+r_1+r_2)},$$

nach 98), 61); 99) die Formeln

$$\begin{aligned} K_1(u, v) - r^2 &= 4 r_2 r_3 q_1 \sqrt{\frac{d}{s}} \\ K_2(u, v) - r^2 &= 4 r_3 r_1 q_2 \sqrt{\frac{d}{s}} \\ K_3(u, v) - r^2 &= 4 r_1 r_2 q_3 \sqrt{\frac{d}{s}} \end{aligned} \tag{100}$$

$$K_1(u_1, v_1) - r_1^2 + 2 d r_1 = 4 r_2 r_3 q_1^2 \tag{101}$$

$$\begin{aligned} a &= -2d + 2 r_1 q_2 q_3 \\ b &= -2d + 2 r_2 q_3 q_1 \\ c &= -2d + 2 r_3 q_1 q_2. \end{aligned} \tag{102}$$

Dies vorausgeschickt, genügt man den Gleichungen 96) durch die Werthe

$$\alpha_1 = u_1 + \left(1 + \frac{\rho_1}{r_1}\right)(u - u_1) \qquad \beta_1 = v_1 + \left(1 + \frac{\rho_1}{r_1}\right)(v - v_1), \tag{103}$$

durch deren Einsetzung in die Gleichung 97) für ρ_1 die quadratische Gleichung

$$r^2 \left(1 + \frac{\rho_1}{r_1}\right)^2 + \left(K_1(u, v) - r^2 - (K_1(u_1, v_1) - r_1^2 + 2 d r_1)\right)\left(1 + \frac{\rho_1}{r_1}\right)$$
$$+ K_1(u_1, v_1) - r_1^2 + 2 d r_1 = 0,$$

oder in einfacherer Gestalt nach 100), 101)

$$\frac{r_1}{s}\left(1 + \frac{\rho_1}{r_1}\right)^2 - 4 q_1 \left(q_1 - \sqrt{\frac{d}{s}}\right)\left(1 + \frac{\rho_1}{r_1}\right) + 4 q_1^2 = 0 \tag{104}$$

hervorgeht, welche wegen der Identität

$$\left(q_1 - \sqrt{\frac{d}{s}}\right)^2 - \frac{r_1}{s} = \frac{r_1}{s} q_1^2$$

immer reelle und überdies positive Wurzeln hat.

Die Gleichungen der Potenzlinien der Kreispaare (K_1, K_2), (K_1, K_3) sind

$$K_2 - K_1 = 0 \qquad K_3 - K_1 = 0.$$

Um daher zu untersuchen, ob diese Geraden von dem Kreise $\mathfrak{H}_1$ berührt werden, hat man die Ausdrücke

$$K_2(\alpha_1, \beta_1) - K_1(\alpha_1, \beta_1), \quad K_3(\alpha_1, \beta_1) - K_1(\alpha_1, \beta_1)$$

zu bestimmen. Da dieselben linear sind, so hat man nach 103)

$$K_2(\alpha_1, \beta_1) - K_1(\alpha_1, \beta_1) = \left(1 + \frac{\rho_1}{r_1}\right)\left(K_2(u, v) - K_1(u, v)\right) - \frac{\rho_1}{r_1}\left(K_2(u_1, v_1) - K_1(u_1, v_1)\right)$$

und nach 100), 47), 101)

$$= 4r_3(r_1 q_2 - r_2 q_1)\left(1+\frac{\rho_1}{r_1}\right)\sqrt{\frac{d}{s}}$$

$$+ 4r_2 r_3 q_1^2 \frac{\rho_1}{r_1} - 4d\rho_1.$$

Zieht man

$$2c\rho_1 = \rho_1(-4d + 4r_3 q_1 q_2)$$

ab, so entsteht

$$K_2(\alpha_1, \beta_1) - K_1(\alpha_1, \beta_1) - 2c\rho_1 = 4r_3(r_1 q_2 - r_2 p_1)\left[\left(1+\frac{\rho_1}{r_1}\right)\left(\sqrt{\frac{d}{s}} - q_1\right) + q_1\right].$$

Mit Hilfe der quadratischen Gleichung 104) ergibt sich eine weitere Vereinfachung, so dass

$$K_2(\alpha_1, \beta_1) - K_1(\alpha_1, \beta_1) - 2c\rho_1 = \frac{r_1 r_3}{s q_1}(r_2 q_1 - r_1 q_2)\left(1+\frac{\rho_1}{r_1}\right)^2$$

und nach 102)

$$= \frac{r^2}{b+2d}\left(1+\frac{\rho_1}{r_1}\right)^2 (b-a)$$

wird. Ebenso würde man

$$K_3(\alpha_1, \beta_1) - K_1(\alpha_1, \beta_1) - 2b\rho_1 = \frac{r^2}{c+2d}\left(1+\frac{\rho_1}{r_1}\right)^2 (c-a)$$

finden.

Aus den Gleichungen

$$K_2(\alpha_1, \beta_1) - K_1(\alpha_1, \beta_1) = 2c\rho_1 + \frac{r^2}{b+2d}\left(1+\frac{\rho_1}{r_1}\right)^2 (b-a)$$

$$K_3(\alpha_1, \beta_1) - K_1(\alpha_1, \beta_1) = 2b\rho_1 + \frac{r^2}{c+2d}\left(1+\frac{\rho_1}{r_1}\right)^2 (c-a)$$

$$K_3(\alpha_2, \beta_2) - K_2(\alpha_2, \beta_2) = 2a\rho_2 + \frac{r^2}{c+2d}\left(1+\frac{\rho_2}{r_2}\right)^2 (c-b)$$

$$K_1(\alpha_2, \beta_2) - K_2(\alpha_2, \beta_2) = 2c\rho_2 + \frac{r^2}{a+2d}\left(1+\frac{\rho_2}{r_2}\right)^2 (a-b)$$

$$K_1(\alpha_3, \beta_3) - K_3(\alpha_3, \beta_3) = 2b\rho_3 + \frac{r^2}{a+2d}\left(1+\frac{\rho_3}{r_3}\right)^2 (a-c)$$

$$K_2(\alpha_3, \beta_3) - K_3(\alpha_3, \beta_3) = 2a\rho_3 + \frac{r^2}{b+2d}\left(1+\frac{\rho_3}{r_3}\right)^2 (b-c)$$

folgt nun, dass die Behauptung **Plücker**'s nur in dem sehr besonderen Falle zutrifft, wo das von den Mittelpunkten der Kreise K_1, K_2, K_3 gebildete Dreieck gleichseitig ist. Sind nämlich a, b, c nicht alle einander gleich und etwa $a > b$, so wäre in Folge der vorstehenden Gleichungen

$$K_1(\alpha_2, \beta_2) - K_2(\alpha_2, \beta_2) > 2c\rho_2,$$

wogegen die Berührung des Kreises $\mathfrak{H}_2$ mit der Potenzlinie der Kreise K_1, K_2 die Bedingung

$$K_1(\alpha_2, \beta_2) - K_2(\alpha_2, \beta_2) = \pm 2c\rho_2$$

erheischt.

Die Construction, welche **Plücker**, auf die obige Behauptung gestützt, für das auf drei Kreise von gleichen Halbmessern bezügliche Problem entwickelt, sowie auch die aus derselben durch Umgestaltung mittelst verkehrter Leitstrahlen hergeleitete Lösung der allgemeinen Aufgabe sind daher im Allgemeinen unrichtig.

8.

Es seien

$$\mathfrak{K}_1 = (x-u_1)^2 + (y-v_1)^2 - r_1^2 = 0$$
$$\mathfrak{K}_2 = (x-u_2)^2 + (y-v_2)^2 - r_2^2 = 0$$
$$\mathfrak{K}_3 = (x-u_3)^2 + (y-v_3)^2 - r_3^2 = 0$$

die Gleichungen dreier Kreise, welche irgend einer der 64 Lösungen der Gleichungen 47) und 48) entsprechen, und

$$\mathfrak{K} = (x-u)^2 + (y-v)^2 - r^2 = 0$$

die Gleichung des Kreises, welcher jene senkrecht schneidet, so dass

$$\mathfrak{K}_1(u, v) = \mathfrak{K}_2(u, v) = \mathfrak{K}_3(u, v) = r^2$$

ist. Es soll unter Beibehaltung der Bezeichnungen der Abschnitte 5 und 6 und in der Voraussetzung, dass keiner der Halbmesser h_1, h_2, h_3 gleich Null ist, untersucht werden, ob es, wie die Steiner'sche Construction[1] verlangt, drei Kreise Q_1, Q_2, Q_3 (welche auch zum Theil oder ganz in Gerade ausarten können), gibt, welche bezüglich die Kreise $\mathfrak{K}_2$ und $\mathfrak{K}_3$, $\mathfrak{K}_3$ und $\mathfrak{K}_1$, $\mathfrak{K}_1$ und $\mathfrak{K}_2$ in deren Berührungspunkten berühren, durch dieselben zwei (reellen oder imaginären) Punkte gehen und überdies die Eigenschaft besitzen, dass drei Hilfskreise $\mathfrak{H}_1$, $\mathfrak{H}_2$, $\mathfrak{H}_3$, welche bezüglich die in den Gruppen

$$K_1,\ Q_2,\ Q_3$$
$$K_2,\ Q_3,\ Q_1$$
$$K_3,\ Q_1,\ Q_2$$

enthaltenen Kreise berühren, auch je einen Potenzkreis der Kreispaare

$$(K_1,\ K_2)\ (K_1,\ K_3)$$
$$(K_2,\ K_3)\ (K_2,\ K_1)$$
$$(K_3,\ K_1)\ (K_3,\ K_2)$$

beziehungsweise berühren. Dass solche drei Kreise in der That in dem Falle, wo die drei gegebenen Kreise K_1, K_2, K_3 sich in einem Punkte schneiden, existiren, geht unmittelbar aus der Umgestaltung der Figur, welche durch die Auflösung der Malfatti'schen Aufgabe für das geradlinige Dreieck mit Hilfe der Steiner'schen Construction entsteht, mittelst verkehrter Leitstrahlen hervor. Unter den Potenzkreisen zweier Kreise sollen allgemein diejenigen zwei Kreise verstanden werden, welche durch die (reellen oder imaginären) Durchschnittspunkte jener gehen und die beiden Ähnlichkeitspunkte (den äusseren und inneren) zu Mittelpunkten haben.

Bezeichnet

$$G = 0$$

die Gleichung der Geraden, in welcher die Mittelpunkte der Kreise Q_1, Q_2, Q_3 liegen sollen, so sind die Gleichungen der Kreise (eventuell Geraden) Q_1, Q_2, Q_3

$$G''\,\mathfrak{K}_3 - G'''\mathfrak{K}_2 = 0$$
$$G'''\mathfrak{K}_1 - G'\,\mathfrak{K}_3 = 0$$
$$G'\,\mathfrak{K}_2 - G''\,\mathfrak{K}_1 = 0,$$

[1] Einige geometrische Betrachtungen (15) im 1. Bande des Crelle'schen Journals.

wo zur Abkürzung

$$G(u_1, v_1) = G' \qquad G(u_2, v_2) = G'' \qquad G(u_3, v_3) = G'''$$

gesetzt worden ist. Es seien ferner

$$\begin{aligned} \mathfrak{H}_1 &= (x-\mathfrak{a}_1)^2 + (y-\mathfrak{b}_1)^2 - \mathfrak{h}_1^2 = 0 \\ \mathfrak{H}_2 &= (x-\mathfrak{a}_2)^2 + (y-\mathfrak{b}_2)^2 - \mathfrak{h}_2^2 = 0 \\ \mathfrak{H}_3 &= (x-\mathfrak{a}_3)^2 + (y-\mathfrak{b}_3)^2 - \mathfrak{h}_3^2 = 0. \end{aligned} \tag{105}$$

die Gleichungen dreier Hilfskreise $\mathfrak{H}_1$, $\mathfrak{H}_2$, $\mathfrak{H}_3$, von welchen der erste die Kreise K_1, Q_2, Q_3 nach Massgabe der Gleichungen

$$\begin{aligned} G''\,\mathfrak{K}_1(\mathfrak{a}_1, \mathfrak{b}_1) - G'\,\mathfrak{K}_2(\mathfrak{a}_1, \mathfrak{b}_1) &= (G''-G')\,\mathfrak{h}_1^2 + 2(G''r_1 + G'r_2)\,\mathfrak{h}_1 \\ G'''\,\mathfrak{K}_1(\mathfrak{a}_1, \mathfrak{b}_1) - G'\,\mathfrak{K}_3(\mathfrak{a}_1, \mathfrak{b}_1) &= (G'''-G')\,\mathfrak{h}_1^2 + 2(G'''r_1 + G'r_3)\,\mathfrak{h}_1 \end{aligned} \tag{106}$$

$$K_1(\mathfrak{a}_1, \mathfrak{b}_1) = \mathfrak{h}_1^2 + 2h_1\mathfrak{h}_1 \tag{107}$$

berührt, während für die übrigen ähnliche durch Buchstabenvertauschung herzuleitende Gleichungen gelten.

Da sich die Gleichungen 106) auch in der Gestalt

$$\begin{aligned} G'\left(\mathfrak{H}_1(u_2, v_2) - r_2^2 + 2r_2\mathfrak{h}_1\right) &= G''\left(\mathfrak{H}_1(u_1, v_1) - r_1^2 - 2r_1\mathfrak{h}_1\right) \\ G'\left(\mathfrak{H}_1(u_3, v_3) - r_3^2 + 2r_3\mathfrak{h}_1\right) &= G'''\left(\mathfrak{H}_1(u_1, v_1) - r_1^2 - 2r_1\mathfrak{h}_1\right) \end{aligned}$$

schreiben lassen, so schliesst man aus denselben

$$\begin{aligned} \mathfrak{H}_1(u_1, v_1) &= r_1^2 + 2r_1\mathfrak{h}_1 + \varepsilon G' \\ \mathfrak{H}_1(u_2, v_2) &= r_2^2 - 2r_2\mathfrak{h}_1 + \varepsilon G'' \\ \mathfrak{H}_1(u_3, v_3) &= r_3^2 - 2r_3\mathfrak{h}_1 + \varepsilon G'''. \end{aligned} \tag{108}$$

Wird nun

$$\mathfrak{H}_1(x, y) - \mathfrak{K}(x, y) - \varepsilon G(x, y) = F(x, y)$$

gesetzt, wo F in Bezug auf x, y vom ersten Grade sein wird, so ist in Folge der Gleichungen 108)

$$\begin{aligned} F(u_1, v_1) &= 2r_1\mathfrak{h}_1 \\ F(u_2, v_2) &= -2r_2\mathfrak{h}_1 \\ F(u_3, v_3) &= -2r_3\mathfrak{h}_1\,, \end{aligned}$$

und daher identisch

$$\begin{aligned} F(x, y) &= \frac{\mathfrak{h}_1}{r_1}(\mathfrak{K} - \mathfrak{K}_1) \\ \mathfrak{H}_1(x, y) &= \left(1 + \frac{\mathfrak{h}_1}{r_1}\right)\mathfrak{K} - \frac{\mathfrak{h}_1}{r_1}\mathfrak{K}_1 + \varepsilon G. \end{aligned} \tag{109}$$

Zur Bestimmung von ε nehme man in dieser Identität

$$x = a_1 \qquad y = b_1;$$

es wird dann, da nach 107)

$$\mathfrak{H}_1(a_1, b_1) = 2h_1\mathfrak{h}_1 + h_1^2$$

ist,

$$\begin{aligned} 2h_1\mathfrak{h}_1 + h_1^2 &= \left(1 + \frac{\mathfrak{h}_1}{r_1}\right)\mathfrak{K}(a_1, b_1) - \frac{\mathfrak{h}_1}{r_1}\mathfrak{K}_1(a_1, b_1) + \varepsilon G(a_1, b_1) \\ &= \left(1 + \frac{\mathfrak{h}_1}{r_1}\right)\left(K_1(u, v) - r^2 + h_1^2\right) - \frac{\mathfrak{h}_1}{r_1}\left(K_1(u_1, v_1) - r_1^2 + h_1^2\right) + \varepsilon G(a_1, b_1) \end{aligned} \tag{110}$$

$$-\varepsilon G(a_1, b_1) = \left(1 + \frac{\mathfrak{h}_1}{r_1}\right)\left(K_1(u, v) - r^2\right) - \frac{\mathfrak{h}_1}{r_1}\left(K_1(u_1, v_1) - r_1^2 + 2h_1 r_1\right)$$

Nach der Bestimmung von ε lässt sich der Halbmesser $\mathfrak{h}_1$ aus der Gleichung 109) herleiten. Man erhält für denselben eine quadratische Gleichung, so dass es also zwei Kreise $\mathfrak{H}_1$, $\mathfrak{H}_1'$ gibt, welche den Gleichungen 106), 107) genügen.

Es bleibt nun zu untersuchen, ob bei gehöriger Wahl der Geraden G einer der Hilfskreise $\mathfrak{H}_1$, $\mathfrak{H}_1'$ die Potenzkreise

$$h_1 K_2 - h_2 K_1 = 0 \qquad h_1 K_3 - h_3 K_1 = 0 \tag{111}$$

berührt. Es ist auf Grund der Identität 109)

$$\begin{aligned} K_2(\mathfrak{a}_1, \mathfrak{b}_1) &= \mathfrak{H}_1(a_2, b_2) + \mathfrak{h}_1^2 - h_2^2 \\ &= \left(1 + \frac{\mathfrak{h}_1}{r_1}\right) \mathfrak{K}(a_2, b_2) - \frac{\mathfrak{h}_1}{r_1} \mathfrak{K}_1(a_2, b_2) + \varepsilon G(a_2, b_2) + \mathfrak{h}_1^2 - h_2^2 \\ &= \mathfrak{h}_1^2 - 2\mathfrak{h}_1 h_2 + \left(1 + \frac{\mathfrak{h}_1}{r_1}\right)(K_2(u, v) - r^2) + \varepsilon G(a_2, b_2). \end{aligned}$$

Setzt man daher zur Abkürzung

$$\begin{aligned} K_1(u, v) - r^2 &= n_1 \\ K_2(u, v) - r^2 &= n_2 \\ K_1(u_1, v_1) - r_1^2 + 2 r_1 h_1 &= m_1, \end{aligned}$$

so wird

$$K_2(\mathfrak{a}_1, \mathfrak{b}_1) = \mathfrak{h}_1^2 - 2\mathfrak{h}_1 h_2 + n_2\left(1 + \frac{\mathfrak{h}_1}{r_1}\right) + \varepsilon G(a_2, b_2)$$

und mit Hilfe von 107)

$$h_1 K_2(\mathfrak{a}_1, \mathfrak{b}_1) - h_2 K_1(\mathfrak{a}_1, \mathfrak{b}_1) = (h_1 - h_2)\mathfrak{h}_1^2 - 4 h_1 h_2 \mathfrak{h}_1 + h_1 n_2 \left(1 + \frac{\mathfrak{h}_1}{r_1}\right) + h_1 \varepsilon G(a_2, b_2).$$

Da aber nach 98), 61)

$$\begin{aligned} n_1 &= \frac{4 r_2 r_3 \sqrt{h_1}}{\Delta}\left(\frac{r_1 \Delta_1 + \Delta\sqrt{h_1}}{r_2 + r_3}\right) \\ n_2 &= \frac{4 r_3 r_1 \sqrt{h_2}}{\Delta}\left(\frac{r_2 \Delta_2 + \Delta\sqrt{h_2}}{r_3 + r_1}\right) \\ m_1 &= \frac{1}{r_1}\left(\frac{r_1 \Delta_1 + \Delta\sqrt{h_1}}{r_2 + r_3}\right)^2, \end{aligned}$$

und demgemäss nach 68)

$$2\sqrt{h_1}\sqrt{h_2}\, d_3 = -4 h_1 h_2 + \frac{h_1 m_1 n_2}{r_1 n_1}$$

ist, so ergibt sich

$$\begin{aligned} h_1 K_2(\mathfrak{a}_1, \mathfrak{b}_1) - h_2 K_1(\mathfrak{a}_1, \mathfrak{b}_1) - (h_1 - h_2)\mathfrak{h}_1^2 - 2\mathfrak{h}_1\sqrt{h_1}\sqrt{h_2}\, d_3 \\ = \frac{h_1 n_2}{n_1}\left[n_1\left(1 + \frac{\mathfrak{h}_1}{r_1}\right) - m_1 \frac{\mathfrak{h}_1}{r_1}\right] + h_1 \varepsilon G(a_2, b_2) \end{aligned}$$

und nach 110)

$$= \frac{h_1 \varepsilon}{n_1}(n_1 G(a_2, b_2) - n_2 G(a_1, b_1));$$

ebenso

$$h_1 K_3(\mathfrak{a}_1, \mathfrak{b}_1) - h_3 K(\mathfrak{a}_1, \mathfrak{b}_1) - (h_1 - h_3)\mathfrak{h}_1^2 - 2\mathfrak{h}_1\sqrt{h_1}\sqrt{h_3}\, d_2 = \frac{h_1 \varepsilon}{n_1}(n_1 G(a_3, b_3) - n_3 G(a_1, b_1)).$$

Wählt man also die Gerade G so, dass die Gleichungen

$$\begin{aligned} G(a_1, b_1) &= n_1 \\ G(a_2, b_2) &= n_2 \\ G(a_3, b_3) &= n_3 \end{aligned} \tag{112}$$

stattfinden, so wird

$$h_1 K_2(\mathfrak{a}_1, \mathfrak{b}_1) - h_2 K_1(\mathfrak{a}_1, \mathfrak{b}_1) = (h_1 - h_2)\mathfrak{h}_1^2 + 2\mathfrak{h}_1 d_3 \sqrt{h_1}\sqrt{h_2}$$

$$h_1 K_3(\mathfrak{a}_1, \mathfrak{b}_1) - h_3 K_1(\mathfrak{a}_1, \mathfrak{b}_1) = (h_1 - h_3)\mathfrak{h}_1^2 + 2\mathfrak{h}_1 d_2 \sqrt{h_1}\sqrt{h_3}.$$

Diese Gleichungen drücken aber aus, dass die Kreise $\mathfrak{H}_1$, $\mathfrak{H}_1'$ die Potenzkreise 111) berühren; denn stellt die Gleichung

$$h_1 K_2 - h_2 K_1 = 0$$

einen Kreis dar, so ist dessen Halbmesser (vom Zeichen abgesehen)

$$= \frac{d_3 \sqrt{h_1}\sqrt{h_2}}{h_1 - h_2};$$

in dem Falle hingegen, wo $h_1 = h_2$ ist, oder diese Gleichung einer Geraden entspricht, ist die Summe der Quadrate der Coëfficienten von x, y

$$= 4 h_1 h_2 d_3^2.$$

Die Gleichungen 112) drücken aber auch die hinreichenden Bedingungen dafür aus, dass die Hilfskreise $\mathfrak{H}_2$, $\mathfrak{H}_2'$, $\mathfrak{H}_3$, $\mathfrak{H}_3'$ bezüglich die Potenzkreise

$$h_2 K_3 - h_3 K_2 = 0 \qquad h_2 K_1 - h_1 K_2 = 0$$

$$h_3 K_1 - h_1 K_3 = 0 \qquad h_3 K_2 - h_2 K_3 = 0$$

berühren.

Beachtet man, dass

$$n_1 = \mathfrak{K}(a_1, b_1) - h_1^2 \text{ u. s. w.}$$

ist, so lassen sich die Gleichungen 112) auf die Form

$$\mathfrak{K}(a_1, b_1) - G(a_1, b_1) = h_1^2$$

$$\mathfrak{K}(a_2, b_2) - G(a_2, b_2) = h_2^2$$

$$\mathfrak{K}(a_3, b_3) - G(a_3, b_3) = h_3^2$$

bringen, aus welcher sofort

$$\mathfrak{K}(x, y) - G(x, y) = K(x, y)$$

$$G = \mathfrak{K} - K$$

folgt, wo K dieselbe Bedeutung, wie in 72) hat. Hienach ist G die Potenzlinie der beiden Lothkreise $\mathfrak{K}$, K.

Die Coordinaten (ξ, η) des Berührungspunktes des Kreises $\mathfrak{H}_1$ (oder $\mathfrak{H}_1'$) mit K_1 haben die Werthe

$$\xi = \frac{h_1 \mathfrak{a}_1 + \mathfrak{h}_1 a_1}{h_1 + \mathfrak{h}_1} \qquad \eta = \frac{h_1 \mathfrak{b}_1 + \mathfrak{h}_1 b_1}{h_1 + \mathfrak{h}_1},$$

und es ist identisch

$$(x-\xi)^2 + (y-\eta)^2 = \frac{h_1 \mathfrak{H}_1 + \mathfrak{h}_1 K_1}{h_1 + \mathfrak{h}_1}.$$

Aus dieser Identität folgt für

$$x = u_2 \quad y = v_2, \qquad x = u_3 \quad y = v_3$$

$$\mathfrak{K}_2(\xi, \eta) = -r_2^2 + \frac{h_1 \mathfrak{H}_1(u_2, v_2) + \mathfrak{h}_1 K_1(u_2, v_2)}{h_1 + \mathfrak{h}_1}$$

$$= \frac{h_1}{h_1 + \mathfrak{h}_1}\left(\mathfrak{H}_1(u_2, v_2) - r_2^2 + 2 r_2 \mathfrak{h}_1\right)$$

$$\mathfrak{K}_3(\xi, \eta) = -r_3^2 + \frac{h_1 \mathfrak{H}_1(u_3, v_3) + \mathfrak{h}_1 K_1(u_3, v_3)}{h_1 + \mathfrak{h}_1}$$

$$= \frac{h_1}{h_1 + \mathfrak{h}_1}\left(\mathfrak{H}_1(u_3, v_3) - r_3^2 + 2 r_3 \mathfrak{h}_1\right)$$

und demgemäss aus 108)

$$G''' \mathfrak{K}_2(\xi, \eta) - G'' \mathfrak{K}_3(\xi, \eta) = 0.$$

Die zwei Berührungspunkte (ξ, η) sind also die Punkte, in denen der Kreis Q_1 den Kreis K_1 schneidet. Hiermit ist die Steiner'sche Construction vollständig bewiesen.

Definirt man umgekehrt die Hilfskreise 105) (beziehungsweise $\mathfrak{H}_1'$, $\mathfrak{H}_2'$, $\mathfrak{H}_3'$) durch die Gleichungen

$$\begin{aligned}
K_1(\mathfrak{a}_1, \mathfrak{b}_1) &= \mathfrak{h}_1^2 + 2\mathfrak{h}_1 h_1 \\
h_1 K_2(\mathfrak{a}_1, \mathfrak{b}_1) - h_2 K_1(\mathfrak{a}_1, \mathfrak{b}_1) &= (h_1 - h_2)\mathfrak{h}_1^2 + 2\mathfrak{h}_1 d_3 \sqrt{h_1}\sqrt{h_2} \\
h_1 K_3(\mathfrak{a}_1, \mathfrak{b}_1) - h_3 K_1(\mathfrak{a}_1, \mathfrak{b}_1) &= (h_1 - h_3)\mathfrak{h}_1^2 + 2\mathfrak{h}_1 d_2 \sqrt{h_1}\sqrt{h_3} \\
K_2(\mathfrak{a}_2, \mathfrak{b}_2) &= \mathfrak{h}_2^2 + 2\mathfrak{h}_2 h_2 \\
h_2 K_3(\mathfrak{a}_2, \mathfrak{b}_2) - h_3 K_2(\mathfrak{a}_2, \mathfrak{b}_2) &= (h_2 - h_3)\mathfrak{h}_2^2 + 2\mathfrak{h}_2 d_1 \sqrt{h_2}\sqrt{h_3} \\
h_2 K_1(\mathfrak{a}_2, \mathfrak{b}_2) - h_1 K_2(\mathfrak{a}_2, \mathfrak{b}_2) &= (h_2 - h_1)\mathfrak{h}_2^2 + 2\mathfrak{h}_2 d_3 \sqrt{h_1}\sqrt{h_2} \\
K_3(\mathfrak{a}_3, \mathfrak{b}_3) &= \mathfrak{h}_3^2 + 2\mathfrak{h}_3 h_3 \\
h_3 K_1(\mathfrak{a}_3, \mathfrak{b}_3) - h_1 K_3(\mathfrak{a}_3, \mathfrak{b}_3) &= (h_3 - h_1)\mathfrak{h}_3^2 + 2\mathfrak{h}_3 d_2 \sqrt{h_1}\sqrt{h_3} \\
h_3 K_2(\mathfrak{a}_3, \mathfrak{b}_3) - h_2 K_3(\mathfrak{a}_3, \mathfrak{b}_3) &= (h_3 - h_2)\mathfrak{h}_3^2 + 2\mathfrak{h}_3 d_1 \sqrt{h_2}\sqrt{h_3},
\end{aligned} \tag{113}$$

so gelangt man leicht dazu, die Gleichungen der Kreise Q_1, Q_2, Q_3 durch auf die Kreise K_1, K_2, K_3 unmittelbar Bezug habende Grössen auszudrücken. Da nämlich, unter ξ, η die Coordinaten des Berührungspunktes der Kreise K_1 und $\mathfrak{H}_1$ (oder $\mathfrak{H}_1'$) verstanden, in Folge der Identität

$$(x-\xi)^2 + (y-\eta)^2 = \frac{h_1 \mathfrak{H}_1 + \mathfrak{h}_1 K_1}{h_1 + \mathfrak{h}_1}$$

und der Gleichungen 113)

$$K_2(\xi, \eta) = -h_2^2 + \frac{h_1 \mathfrak{H}_1(a_2, b_2) + \mathfrak{h}_1 K_1(a_2, b_2)}{h_1 + \mathfrak{h}_1}$$

$$= \frac{\mathfrak{h}_1 d_3 p_3}{h_1 + \mathfrak{h}_1}$$

$$K_3(\xi, \eta) = -h_3^2 + \frac{h_1 \mathfrak{H}_1(a_3, b_3) + \mathfrak{h}_1 K_1(a_3, b_3)}{h_1 + \mathfrak{h}_1}$$

$$= \frac{\mathfrak{h}_1 d_2 p_2}{h_1 + \mathfrak{h}_1}$$

ist, so stellt die Gleichung

$$d_2 p_2 K_2 - d_3 p_3 K_3 = 0 \tag{114}$$

einen durch die Berührungspunkte (ξ, η) gehenden Kreis dar, und es wird die Gleichung jedes diese zwei Berührungspunkte enthaltenden Kreises

$$Q_1(x, y) = 0$$

der Identität

$$Q_1(x, y) = \lambda K_1 - \mu (d_2 p_2 K_2 - d_3 p_3 K_3)$$

genügen müssen. Man bestimme nun die Constanten λ, μ derart, dass

$$\begin{aligned}[Q_1(\mathfrak{a}_2, \mathfrak{b}_2) - \mathfrak{b}_2^2(\lambda - \mu d_2 p_2 + \mu d_3 p_3)]\,\mathfrak{b}_3 \\ + [Q_1(\mathfrak{a}_3, \mathfrak{b}_3) - \mathfrak{b}_3^2(\lambda - \mu d_2 p_2 + \mu d_3 p_3)]\,\mathfrak{b}_2 = 0\end{aligned}$$

wird. Mit Hilfe der Gleichungen 113) verwandelt sich diese Bedingung in

$$2\left(\frac{d_2\sqrt{h_2} + d_3\sqrt{h_3} + 2\sqrt{h_1}\sqrt{h_2}\sqrt{h_3}}{\sqrt{h_2}\sqrt{h_2}}\right)\left(\lambda\sqrt{h_1} - \mu p_1 (d_2\sqrt{h_2} - d_3\sqrt{h_3})\right)\mathfrak{b}_2\mathfrak{b}_3 = 0$$

und wird erfüllt, wenn man

$$\lambda = p_1(d_2\sqrt{h_2} - d_3\sqrt{h_3}) \qquad \mu = \sqrt{h_1},$$

also

$$Q_1(x, y) = p_1(d_2\sqrt{h_2} - d_3\sqrt{h_3})K_1 - \sqrt{h_1}(d_2 p_2 K_2 - d_3 p_3 K_3)$$

nimmt. Überdies wird

$$\begin{aligned}Q_1(\mathfrak{a}_2, \mathfrak{b}_2) = \mathfrak{b}_2^2\left[p_1(d_2\sqrt{h_2} - d_3\sqrt{h_3}) - \sqrt{h_1}(d_2 p_2 - d_3 p_3)\right] \\ + 2\mathfrak{b}_2\sqrt{h_1}\left[d_1 d_2 d_3 + d_1\sqrt{h_1}(d_2\sqrt{h_2} + d_3\sqrt{h_3}) - (d_2\sqrt{h_2} - d_3\sqrt{h_3})^2\right]\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}Q_1(\mathfrak{a}_3, \mathfrak{b}_3) = \mathfrak{b}_3^2\left[p_1(d_2\sqrt{h_2} - d_3\sqrt{h_3}) - \sqrt{h_1}(d_2 p_2 - d_3 p_3)\right] \\ - 2\mathfrak{b}_3\sqrt{h_1}\left[d_1 d_2 d_3 + d_1\sqrt{h_1}(d_2\sqrt{h_2} + d_3\sqrt{h_3}) - (d_2\sqrt{h_2} - d_3\sqrt{h_3})^2\right].\end{aligned}$$

Diese Gleichungen drücken aus, dass der Kreis (oder die Gerade)

$$Q_1(x, y) = 0$$

die Kreise $\mathfrak{H}_2$, $\mathfrak{H}'_2$, $\mathfrak{H}_3$, $\mathfrak{H}'_3$ berührt. Es ist nämlich, wenn der Ausdruck

$$p_1(d_2\sqrt{h_2} - d_3\sqrt{h_3}) - (d_2 p_2 - d_3 p_3)\sqrt{h_1}$$

nicht verschwindet,

$$\sqrt{h_1}\left(\frac{d_1 d_2 d_3 + d_1\sqrt{h_1}(d_2\sqrt{h_2} + d_3\sqrt{h_3}) - (d_2\sqrt{h_2} - d_3\sqrt{h_3})^2}{p_1(d_2\sqrt{h_2} - d_3\sqrt{h_3}) - (d_2 p_2 - d_3 p_3)\sqrt{h_1}}\right)$$

der Halbmesser des Kreises

$$Q_1(x, y) = 0;$$

wenn dagegen jener Ausdruck verschwindet, so ist die Summe der Quadrate der Coëfficienten von x, y in $Q_1(x, y)$

$$= 4h_1\left[d_1 d_2 d_3 + d_1\sqrt{h_1}(d_2\sqrt{h_2} + d_3\sqrt{h_3}) - (d_2\sqrt{h_2} - d_3\sqrt{h_3})^2\right]^2.$$

Gleicherweise stellen die Gleichungen

$$Q_2(x, y) = p_2(d_3\sqrt{h_3} - d_1\sqrt{h_1})K_2 - \sqrt{h_2}(d_3 p_3 K_3 - d_1 p_1 K_1) = 0$$

$$Q_3(x, y) = p_3(d_1\sqrt{h_1} - d_2\sqrt{h_2})K_3 - \sqrt{h_3}(d_1 p_1 K_1 - d_2 p_2 K_2) = 0$$

zwei Kreise (Gerade) dar, welche bezüglich durch die Berührungspunkte des Kreises K_2 mit $\mathfrak{H}_2$, $\mathfrak{H}_2'$ und des Kreises K_3 mit $\mathfrak{H}_3$, $\mathfrak{H}_3'$ laufen und die in den Gruppen

$$\mathfrak{H}_3,\ \mathfrak{H}_3',\ \mathfrak{H}_1,\ \mathfrak{H}_1'$$
$$\mathfrak{H}_1,\ \mathfrak{H}_1',\ \mathfrak{H}_2,\ \mathfrak{H}_2'$$

enthaltenen Kreise berühren.

Da identisch

$$\frac{Q_2}{\sqrt{h_2}}+\frac{Q_3}{\sqrt{h_3}}=(d_2\sqrt{h_2}+d_3\sqrt{h_3}-d_1\sqrt{h_1})\left(\frac{p_2}{\sqrt{h_2}}K_2-\frac{p_3}{\sqrt{h_3}}K_3\right)$$
$$\frac{Q_3}{\sqrt{h_3}}+\frac{Q_1}{\sqrt{h_1}}=(d_3\sqrt{h_3}+d_1\sqrt{h_1}-d_2\sqrt{h_2})\left(\frac{p_3}{\sqrt{h_3}}K_3-\frac{p_1}{\sqrt{h_1}}K_1\right)$$
$$\frac{Q_1}{\sqrt{h_1}}+\frac{Q_2}{\sqrt{h_2}}=(d_1\sqrt{h_1}+d_2\sqrt{h_2}-d_3\sqrt{h_3})\left(\frac{p_1}{\sqrt{h_1}}K_1-\frac{p_2}{\sqrt{h_2}}K_2\right)$$

ist, so gehören die Kreise Q_1, Q_2, Q_3 zu derselben Kreisschaar, wie die Kreise

$$\frac{p_2}{\sqrt{h_2}}K_2-\frac{p_3}{\sqrt{h_3}}K_3=0$$
$$\frac{p_3}{\sqrt{h_3}}K_3-\frac{p_1}{\sqrt{h_1}}K_1=0$$
$$\frac{p_1}{\sqrt{h_1}}K_1-\frac{p_2}{\sqrt{h_2}}K_2=0.$$

Ein Kreis

$$\mathfrak{K}_1=(x-u_1)^2+(y-v_1)^2-r_1^2=0,$$

welcher die Kreise K_2, K_3, Q_2 nach Massgabe der Gleichungen

$$K_2(u_1,v_1)=2r_1h_2+r_1^2$$
$$K_3(u_1,v_1)=2r_1h_3+r_1^2$$
$$K_2(u_1,v_1)=r_1^2\left(p_2(d_3\sqrt{h_3}-d_1\sqrt{h_1})-\sqrt{h_2}(d_3p_3-d_1p_1)\right)$$
$$+2r_1\left(d_1d_2d_3+d_2\sqrt{h_2}(d_3\sqrt{h_3}+d_1\sqrt{h_1})-(d_3\sqrt{h_3}-d_1\sqrt{h_1})^2\right)\sqrt{h_2}$$

berührt, unterscheidet sich nicht von dem durch die Gleichungen 71) definirten, weil sich

$$K_1(u_1,v_1)=r_1^2+2r_1\left(\frac{p_2p_3}{p_1}-h_1\right)$$

ergibt, und berührt auch den Kreis Q_3 auf Grund der Gleichung

$$Q_3(u_1,v_1)=r_1^2\left(p_3(d_1\sqrt{h_1}-d_2\sqrt{h_2})-(d_1p_1-d_2p_2)\sqrt{h_3}\right)$$
$$-2r_1\left(d_1d_2d_3+d_3\sqrt{h_3}(d_1\sqrt{h_1}+d_2\sqrt{h_2})-(d_1\sqrt{h_1}-d_2\sqrt{h_2})^2\right)\sqrt{h_3}.$$

9.

Man kann ähnlich, wie bei der einfachen Malfatti'schen Aufgabe, die Construction der Kreise $\mathfrak{H}_1$, $\mathfrak{H}_2$, $\mathfrak{H}_3$, Q_1, Q_2, Q_3 umgehen.

Es seien M_1, M_2, M_3 die Mittelpunkte der drei gegebenen Kreise K_1, K_2, K_3, M der Punkt gleicher Potenzen derselben oder der Mittelpunkt des Lothkreises K, P_1, P_2, P_3 die drei Potenzkreise

$$h_3 K_2 - h_2 K_3 = 0$$
$$h_1 K_3 - h_3 K_1 = 0$$
$$h_2 K_1 - h_1 K_2 = 0$$

und A_1, A_2, A_3 deren Mittelpunkte, welche je nach den Zeichen der Halbmesser h_1, h_2, h_3 entweder drei äussere oder einen äusseren und zwei innere Ähnlichkeitspunkte der Kreispaare (K_2, K_3), (K_3, K_1), (K_1, K_2) bilden.

Die Kenntniss der Geraden

$$\mathfrak{K}_1 - K = 0,$$

oder (75)

$$\mathfrak{A}_1 x + \mathfrak{B}_1 y + \mathfrak{C}_1 = 0 \tag{115}$$

führt die Construction des Kreises $\mathfrak{K}_1$ auf die elementare Aufgabe zurück, einen Kreis zu beschreiben, welcher den gegebenen Kreis K_2 (oder K_3) berührt und zu der durch den Lothkreis K und die Gerade (115) bestimmten Kreisschaar gehört. Zur Auflösung dieser Aufgabe genügt es, die Verbindungslinie des Potenzpunktes M mit dem in Bezug auf den Kreis K_2 genommenen Pol der Geraden 115) zu ziehen, welche Verbindungslinie den Kreis K_2 in den Berührungspunkten der zwei möglichen Kreise $\mathfrak{K}_1$ trifft; die Verbindungslinien dieser Punkte mit M_2 schneiden das von M auf die Gerade 115) gefällte Loth in den Mittelpunkten der gesuchten zwei Kreise.

Behufs Construction der Geraden 115) gehe ich von folgenden Gleichungen

$$P_{12} = h_1(h_1 K_3 - h_3 K_1) - d_2 \sqrt{h_1}\sqrt{h_3} K_1 = 0$$
$$P_{13} = h_1(h_1 K_2 - h_2 K_1) - d_3 \sqrt{h_1}\sqrt{h_2} K_1 = 0$$
$$P_{23} = h_2(h_2 K_1 - h_1 K_2) - d_3 \sqrt{h_1}\sqrt{h_2} K_2 = 0$$
$$P_{21} = h_2(h_2 K_3 - h_3 K_2) - d_1 \sqrt{h_2}\sqrt{h_3} K_2 = 0$$
$$P_{31} = h_3(h_3 K_2 - h_2 K_3) - d_1 \sqrt{h_2}\sqrt{h_3} K_3 = 0$$
$$P_{32} = h_3(h_3 K_1 - h_1 K_3) - d_2 \sqrt{h_3}\sqrt{h_1} K_3 = 0$$
$$P_{11} = h_1(h_3 K_2 - h_2 K_3) - d_1 \sqrt{h_2}\sqrt{h_3} K_1 = 0$$
$$P'_{11} = h_1(h_3 K_2 - h_2 K_3) + d_1 \sqrt{h_2}\sqrt{h_3} K_1 = 0$$
$$P_{22} = h_2(h_1 K_3 - h_3 K_1) - d_2 \sqrt{h_3}\sqrt{h_1} K_2 = 0$$
$$P'_{22} = h_2(h_1 K_3 - h_3 K_1) + d_2 \sqrt{h_3}\sqrt{h_1} K_2 = 0$$
$$P_{33} = h_3(h_2 K_1 - h_1 K_2) - d_3 \sqrt{h_1}\sqrt{h_2} K_3 = 0$$
$$P'_{33} = h_3(h_2 K_1 - h_1 K_2) + d_3 \sqrt{h_1}\sqrt{h_2} K_3 = 0$$

$$S_1 = -p_1 d_1 \sqrt{h_2}\sqrt{h_3} K_1 + \sqrt{h_1}\sqrt{h_3}\left(d_1 d_2 + \sqrt{h_3}\left(d_1\sqrt{h_1} + d_2\sqrt{h_2} - d_3\sqrt{h_3}\right)\right) K_2$$
$$+ \sqrt{h_1}\sqrt{h_2}\left(d_1 d_3 + \sqrt{h_2}\left(d_1\sqrt{h_1} - d_2\sqrt{h_2} + d_3\sqrt{h_3}\right)\right) K_3 = 0$$
$$S_2 = -p_2 d_2 \sqrt{h_3}\sqrt{h_1} K_2 + \sqrt{h_2}\sqrt{h_1}\left(d_2 d_3 + \sqrt{h_1}\left(d_2\sqrt{h_2} + d_3\sqrt{h_3} - d_1\sqrt{h_1}\right)\right) K_3$$
$$+ \sqrt{h_2}\sqrt{h_3}\left(d_2 d_1 + \sqrt{h_3}\left(d_2\sqrt{h_2} - d_3\sqrt{h_3} + d_1\sqrt{h_1}\right)\right) K_1 = 0$$
$$S_3 = -p_3 d_3 \sqrt{h_1}\sqrt{h_2} K_3 + \sqrt{h_3}\sqrt{h_2}\left(d_3 d_1 + \sqrt{h_2}\left(d_3\sqrt{h_3} + d_1\sqrt{h_1} - d_2\sqrt{h_2}\right)\right) K_1$$
$$+ \sqrt{h_3}\sqrt{h_1}\left(d_3 d_2 + \sqrt{h_1}\left(d_3\sqrt{h_3} - d_1\sqrt{h_1} + d_2\sqrt{h_2}\right)\right) K_2 = 0$$

$$T_1 = \left[d_1 d_2 d_3 + d_1\sqrt{h_1}\left(d_2\sqrt{h_2} + d_3\sqrt{h_3}\right) - \left(d_2\sqrt{h_2} - d_3\sqrt{h_3}\right)^2 + \left(d_2\sqrt{h_2} - d_3\sqrt{h_3}\right) p_1\sqrt{h_1}\right] K_1$$
$$- h_1(d_2 p_2 K_2 - d_3 p_3 K_3) = 0$$
$$T'_1 = \left[d_1 d_2 d_3 + d_1\sqrt{h_1}\left(d_2\sqrt{h_2} + d_3\sqrt{h_3}\right) - \left(d_2\sqrt{h_2} - d_3\sqrt{h_3}\right)^2 - \left(d_2\sqrt{h_2} - d_3\sqrt{h_3}\right) p_1\sqrt{h_1}\right] K_1$$
$$+ h_1(d_2 p_2 K_2 - d_3 p_3 K_3) = 0$$

$$T_2 = \left[d_1 d_2 d_3 + d_2 \sqrt{h_2}(d_3 \sqrt{h_3} + d_1 \sqrt{h_1}) - (d_3 \sqrt{h_3} - d_1 \sqrt{h_1})^2 + (d_3 \sqrt{h_3} - d_1 \sqrt{h_1}) p_2 \sqrt{h_2}\right] K_2$$
$$- h_2(d_3 p_3 K_3 - d_1 p_1 K_1) = 0$$

$$T_2' = \left[d_1 d_2 d_3 + d_2 \sqrt{h_2}(d_3 \sqrt{h_3} + d_1 \sqrt{h_1}) - (d_3 \sqrt{h_3} - d_1 \sqrt{h_1})^2 - (d_3 \sqrt{h_3} - d_1 \sqrt{h_1}) p_2 \sqrt{h_2}\right] K_2$$
$$+ h_2(d_3 p_3 K_3 - d_1 p_1 K_1) = 0$$

$$T_3 = \left[d_1 d_2 d_3 + d_3 \sqrt{h_3}(d_1 \sqrt{h_1} + d_2 \sqrt{h_2}) - (d_1 \sqrt{h_1} - d_2 \sqrt{h_2})^2 + (d_1 \sqrt{h_1} - d_2 \sqrt{h_2}) p_3 \sqrt{h_3}\right] K_3$$
$$- h_3(d_1 p_1 K_1 - d_2 p_2 K_2) = 0$$

$$T_3' = \left[d_1 d_2 d_3 + d_3 \sqrt{h_3}(d_1 \sqrt{h_1} + d_2 \sqrt{h_2}) - (d_1 \sqrt{h_1} - d_2 \sqrt{h_2})^2 - (d_1 \sqrt{h_1} - d_2 \sqrt{h_2}) p_3 \sqrt{h_3}\right] K_3$$
$$+ h_3(d_1 d_1 K_1 - d_2 p_2 K_2) = 0$$

aus, deren geometrische Bedeutung leicht anzugeben ist.

1) Die ersten sechs Gleichungen stellen bezüglich Potenzkreise der Kreispaare

$$(K_1, P_2)\ (K_1, P_3)\ (K_2, P_3)\ (K_2, P_1)\ (K_3, P_1)\ (K_3, P_2)$$

dar; die Mittelpunkte derselben, welche entsprechend mit

$$A_{12},\ A_{13},\ A_{23},\ A_{21},\ A_{31},\ A_{32}.$$

bezeichnet werden sollen, sind als Ähnlichkeitspunkte leicht zu construiren. Man ziehe überdies die Verbindungslinien G_1, G_2, G_3 der Punkte A_{12} und A_{13}, A_{23} und A_{21}, A_{31} und A_{32}. Nach der bekannten Construction der Apollonius'schen Aufgabe (Gergonne) erhält man die Verbindungslinie der Berührungspunkte der Kreise $\mathfrak{H}_1$, $\mathfrak{H}_1'$ mit dem Kreise K_1, wenn man den in Bezug auf den Kreis K_1 genommenen Pol der Geraden G_1 mit dem Potenzpunkte M verbindet; diese Gerade ist 114) die Potenzlinie der Kreise

$$K_1 = 0 \qquad d_2 p_2 K_2 - d_3 p_3 K_3 = 0;$$

eine durch M_1 senkrecht zu derselben gezogene Gerade werde mit L_1 bezeichnet. L_1 kann auch unmittelbar construirt werden, wenn der Lothkreis K bekannt ist, weil der Durchschnittspunkt der Geraden G_1 mit der Potenzlinie der Kreise K_1, K auf L_1 liegen muss. Es seien noch L_2, L_3 zwei Gerade, welche eine entsprechende Bedeutung für die Kreise K_2, K_3 haben.

2) Die Gleichungen

$$P_{11} = 0 \qquad P_{11}' = 0$$

stellen die Potenzkreise des Kreispaares (K_1, P_1) dar. Der Mittelpunkt A_{11} des ersteren ist der Durchschnittspunkt der Geraden, welche M_1 mit A_1, A_{31} mit A_2 verbinden, der Mittelpunkt A_{11}' des zweiten ist der Durchschnittspunkt der Verbindungslinien der Punkte M_1 und A_1, A_{21} und A_3. Ähnlich werden die Mittelpunkte A_{22}, A_{22}', A_{33}, A_{33}' der Kreise P_{22}, P_{22}', P_{33}, P_{33}' construirt.

3) Die Gleichung

$$S_1 = 0$$

drückt einen Kreis aus, welcher den Kreisschaaren (P_{23}, P_{21}), (P_{31}, P_{32}) gemeinsam ist, d. h. durch die (reellen oder imaginären) Durchschnittspunkte sowohl der Kreise P_{23}, P_{21} als auch der Kreise P_{31}, P_{32} geht. Der Mittelpunkt desselben ist daher der Durchschnittspunkt der Geraden G_2, G_3.

4) Der Kreis

$$T_1 = 0$$

geht durch die Durchschnittspunkte sowohl der Kreise

$$K_1 = 0 \qquad d_2 p_2 K_2 - d_3 p_3 K_3 = 0$$

als auch der Kreise

$$P_1 = 0 \qquad S_1 = 0,$$

der Kreis

$$T_1' = 0$$

durch die Durchschnittspunkte sowohl der Kreise

$$K_1 = 0, \qquad d_2 p_2 K_2 - d_3 p_3 K_3 = 0$$

als auch der Kreise

$$P'_{1\,1} = 0 \qquad S_1 = 0;$$

die Mittelpunkte dieser Kreise sind daher die Punkte, in welchen die Verbindungslinien des Durchschnittspunktes der Geraden G_2, G_3 mit A_{11}, A'_{11} von der Geraden L_1 geschnitten werden. Beiläufig sei noch bemerkt, dass diese Kreise zugleich die Potenzkreise des Kreispaares K_1, Q_1 sind. Die Mittelpunkte der Kreise T_2, T_2', T_3, T_3' sind in entsprechender Weise zu construiren.

Dies vorausgeschickt, ist die Gerade 115) diejenige, auf welcher die Mittelpunkte der Kreise T_2', T_3, P_1 liegen. Denn diese Kreise werden sowohl von dem Lothkreise K als auch von dem Kreise $\mathfrak{K}_1$ auf Grund der Gleichungen

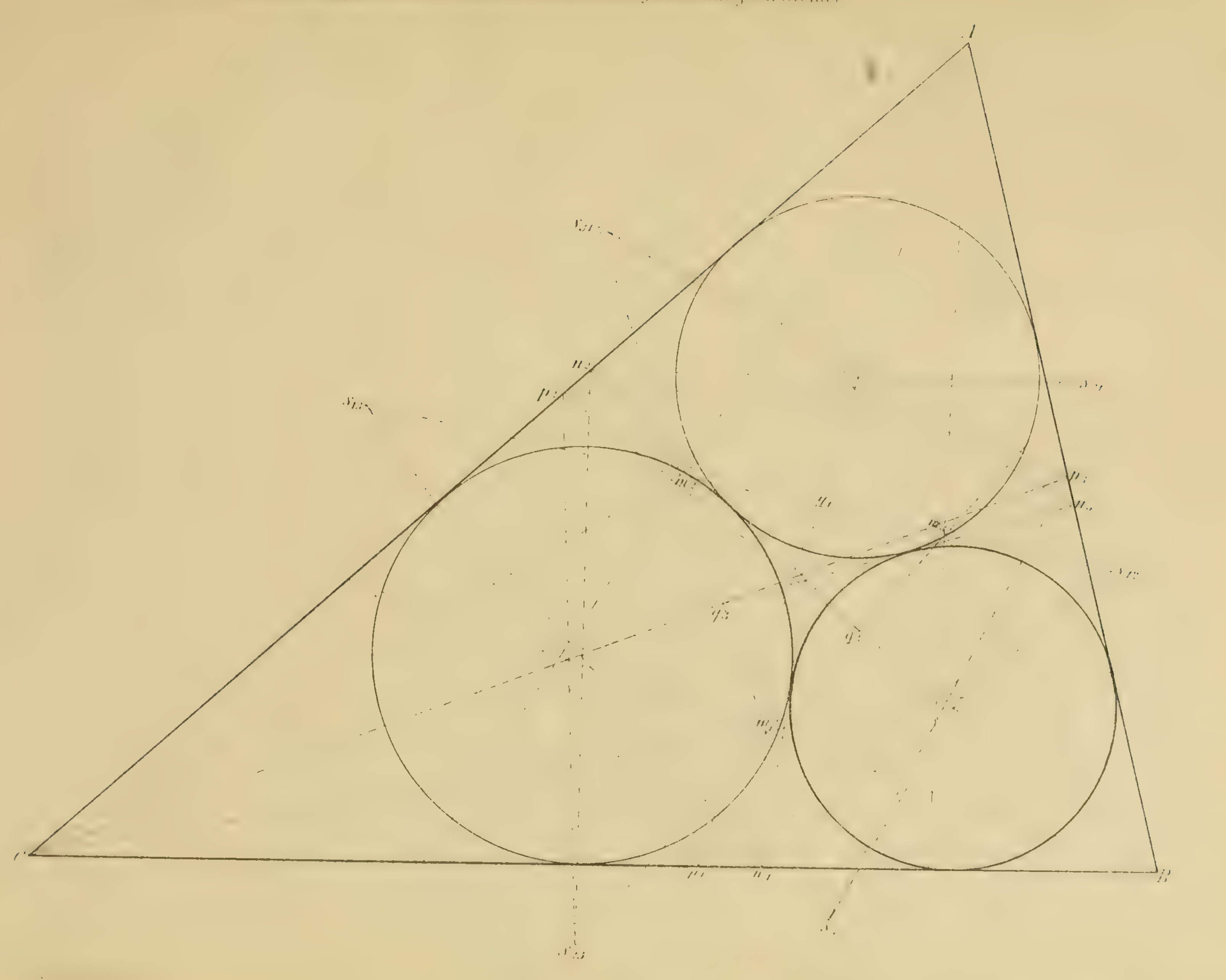
$$T_2'(u_1, v_1) = r_1^2\left[d_1 d_2 d_3 + d_2\sqrt{h_2}(d_3\sqrt{h_3} + d_1\sqrt{h_1}) - (d_3\sqrt{h_3} - d_1\sqrt{h_1})^2 - (d_3\sqrt{h_3} - d_1\sqrt{h_1})p_2\sqrt{h_2} + h_2(d_3 p_3 - d_1 p_1)\right]$$

$$T_3(u_1, v_1) = r_1^2\left[d_1 d_2 d_3 + d_3\sqrt{h_3}(d_1\sqrt{h_1} + d_2\sqrt{h_2}) - (d_1\sqrt{h_1} - d_2\sqrt{h_2})^2 + (d_1\sqrt{h_1} - d_2\sqrt{h_2})p_3\sqrt{h_3} - h_3(d_1 p_1 - d_2 p_2)\right]$$

$$h_3 K_2(u_1, v_1) - h_2 K_3(u_1, v_1) = (h_3 - h_2) r_1^2$$

senkrecht geschnitten.

Für drei Kreise von gleichen Halbmessern gestaltet sich diese Construction besonders einfach.


A
B
C



THEORIE

DER

RELATIVEN MAXIMA UND MINIMA BESTIMMTER INTEGRALE.

VON

LORENZ ŻMURKO,

K. K. PROFESSOR DER MATHEMATIK AN DER UNIVERSITÄT UND DER K. K. TECHNISCHEN AKADEMIE ZU LEMBERG.

VORGELEGT IN DER SITZUNG DER MATHEMATISCH-NATURWISSENSCHAFTLICHEN CLASSE AM 13. JÄNNER 1876.

Theorie des Grössten und Kleinsten bestimmter Integrale mit beliebiger Anzahl von unbekannten Functionen, welche überdies durch mehrere bekannte Relationen zusammenhängen.

Einleitende Bemerkungen.

Jacobi verdanken wir die Initiative derjenigen Untersuchungen, welche die Aufdeckung der Kriterien des Grössten und Kleinsten eines bestimmten Integrals bezwecken. Er behandelt den einfachsten Fall, nämlich das Maximum und Minimum eines einfachen bestimmten Integrals mit einer einzigen unbekannten Function U und ihren etwa bis zum Range n reichenden Differentialquotienten $U_1, U_2, U_3, \ldots U_n$, welches in der Form

$$S = \int_{x'}^{x''} V dx\,, \quad V = f(, x, U_1, U_2, \ldots U_n)\, U, \; \frac{d^s U}{d x^s} = U_s \qquad 1)$$

gegeben sein mag.

Für $\delta U = \rho z$, wo ρ von x unabhängig eine sehr kleine beliebig bezeichnete Grösse, und z eine beliebige innerhalb gegebener Grenzen continuirliche endliche Function bedeutet, erhält man $\delta U_s = \rho z_s$ und

$$\delta^2 S = \tfrac{1}{2}\rho^2 \int_{x'}^{x''} dx \, \overset{n}{\underset{0}{S}}_{r} \overset{n}{\underset{0}{S}}_{r'} \left[\frac{d^2 V}{d U_r \, d U_{r'}} z_r z_{r'} \right], \quad \frac{d^s z}{dx^s} = z_s. \qquad 2)$$

Jacobi unterzieht den Ausdruck 2) einer eingehenden Untersuchung, und sucht ihn in eine einfachere Form zu dem Zwecke umzusetzen, damit die Discussion über die Stabilität oder Nichtstabilität seines Vorzeichens im Bereiche vorgelegter Integrationsgrenzen vorbereitet und erleichtert werde.

Auf Grund der Gleichung $\delta S = 0$ gelang es, mittelst der sogenannten Jacobi'schen Doppeltransformation den aus $n+1$ Argumenten $z, z_1, z_2 \ldots z_n$ gebauten homogenen Ausdruck 2) nach und nach in einen ebenfalls homogenen Ausdruck von weniger Argumenten zu verwandeln, und schliesslich in folgender vereinfachten Form zu geben:

$$\delta^2 S = \tfrac{1}{2}\rho^2 \int_{x'}^{x''} \frac{d^2 V}{d U_n^2} \psi^2, \qquad 3)$$

wo ψ eine Function von $z, z_1, z_2, \ldots z_n$ und einer beträchtlichen Anzahl von willkürlichen Constanten vorstellt.

Dieses Resultat, sowie die von Jacobi daran geknüpften Schlüsse findet man in gedrängter Kürze im 17. Bande von Crelle's Journal niedergelegt. Gewichtige Kräfte haben sich veranlasst, diese Theorie zum Gegenstande eigener Forschung zu machen, theils um die Jacobi'sche Theorie näher zu beleuchten, theils um hieraus neue Ausgangspunkte zur Erforschung allgemeinerer Probleme zu gewinnen.

Die Begründung der Jacobi'schen Doppeltransformation, welche sogar in der von O. Hesse gegebenen Form, auf einem äusserst verwickelten und wenig durchsichtigen Algorithmus beruht, veranlasste auch mich, Einiges zur Vereinfachung desselben beizutragen, und es gelang mir, diesen Algorithmus derart einzurichten, dass man in den Fällen $n=1, 2, 3, \ldots$ stufenweise fortschreitend, die entsprechenden Transformationsresultate beinahe ohne alle Rechnung hinschreiben kann. Später begründete ich auf Grundlage der wiederholten Summirung eine neue höchst einfache Transformation, welche die Doppeltransformation von Jacobi in vollem Maasse ersetzt. Diese und andere Untersuchungen über die Maxima und Minima bestimmter Integrale habe ich in den Memoiren der Krakauer Akademie der Wissenschaften unter dem Titel „Beitrag zur Variationsrechnung", Band II, in polnischer Sprache publicirt.

Beim Übergang zu allgemeineren Problemen, wo das vorgelegte Integral

$$4)\qquad S = \int_{x_1'}^{x_1''}\int_{x_2'}^{x_2''}\cdots\int_{x_r'}^{x_r''} V dx_r\, dx_{r-1}\ldots dx_1$$

nebst den Bedingungsgleichungen

$$5)\qquad v_1 = v_2 = v_3 = \ldots = v_{r-1} = v_r = 0$$

gegeben ist, in welchem die Symbole x', x'', V, v in der im §. 1 ersichtlichen Bedeutung zu nehmen sind, ergibt sich, unter Aufrechthaltung der im §. 1 eingeführten Bezeichnungen $\mathfrak{S}$, $\mathfrak{W}$, z

$$6)\qquad \partial^2 \mathfrak{S} = \tfrac{1}{2}\rho^2 \int_{x_1'}^{x_1''}\int_{x_2'}^{x_2''}\int_{x_r'}^{x_r''} dx_r\, dx_{r-1}\ldots dx_1 \mathop{S}_{1}^{\mu}{}_{m'} \mathop{S}_{1}^{\mu}{}_{m} \mathop{S}_{1}^{\ddot{n}_{m'}}{}_{s'} \mathop{S}_{1}^{\ddot{n}_{m}}{}_{s} \left[\frac{d^2\mathfrak{W}}{d\,U_{m m_s}\, d\,U_{m' m'_{s'}}} z_{m m_s} z_{m' m'_{s'}}\right]$$

als der in Bezug auf das Vorzeichen näher zu untersuchende Ausdruck. Nachdem ich mich überzeugte, dass ein dem Jacobi'schen analoger Transformationsvorgang zur Vereinfachung des Ausdruckes 6) nicht eingeleitet werden konnte, suchte ich in der seit Jacobi reichhaltig angewachsenen Literatur nach anderen zu diesem Zwecke geeigneteren Werkzeugen [1].

Den Arbeiten von A. Clebsch muss in dieser Beziehung unstreitig der oberste Rang zuerkannt werden. In seiner letzten Arbeit erhebt er sich bis zur Betrachtung des Ausdruckes 6), und liefert analog dem Jacobi'schen Resultate den Ausdruck 6) in folgender vereinfachten Form:

$$7)\qquad \partial^2 \mathfrak{S} = \tfrac{1}{2}\rho^2 \int_{x_1'}^{x_1''}\int_{x_2'}^{x_2''}\int_{x_r'}^{x_r''} dx_r\, dx_{r-1}\ldots dx_1 \mathop{S}_{1}^{\mu}{}_{m'} \mathop{S}_{1}^{\mu}{}_{m} \mathop{S}_{1}^{\acute{n}_{m'}}{}_{s'} \mathop{S}_{1}^{\acute{n}_{m}}{}_{s} \left[\frac{d^2\mathfrak{W}}{d\,U_{m m_s}\, d\,U_{m' m'_{s'}}} Z_{m m_s} Z_{m' m'_{s'}}\right],$$

welche aus 6) dadurch hervorgeht, dass man darin z in Z übergehen lässt, und dann alle diejenigen Glieder weglässt, welche nicht den Differentialquotienten höchsten Ranges (der unbekannten Functionen U) ihr Dasein verdanken. Die in der Anzahl $\acute{n}_1 + \acute{n}_2 + \ldots + \acute{n}_\mu$ vorhandenen mit Z bezeichneten Argumente sind überdies

---

[1] Jacobi, Crelle-Journal, 17. Band; Delaunay, Liouville's Journal, 6. Band; S. Spitzer, Sitzungsber. d. kais. Akad. d. Wissensch. 12. Band, p. 104, 14. Band, p. 41; O. Hesse, Crelle's Journal, Band 54, p. 227; A. Clebsch, Crelle's Journal, Band 55, p. 254 und 335; Minding, Crelle's Journal, Band 55, p. 300; A. Clebsch, Crelle's Journal, Band 56, p. 122; A. Mayer, Teubner, 1866; A. Mayer, Crelle's Journal, Band 69, p. 238; Lipschitz, Crelle's Journal, Band 65, p. 26.

Mein in dem Tagblatt der 48. Versammlung deutscher Naturforscher und Ärzte skizzirter Vortrag „Über die Unzulänglichkeit der bis jetzt bekannt gewordenen Kriterien des Grössten und Kleinsten bestimmter Integrale etc." wird mit dieser Abhandlung berichtigt und vervollständigt.

gruppenweise durch sehr einfache durch alle Probleme hindurch sich gleich bleibende Differentialgleichungen unter einander verknüpft.

Um zu zeigen, dass mit dem Resultate 7) die Theorie über die Kriterien des Maximums und Minimums nicht als abgeschlossen betrachtet werden kann, sei es uns gestattet, folgende Bemerkungen anzuführen:

1. Die Anzahl der Argumente der von Clebsch gelieferten vereinfachten Form 7) ist $N = \acute{n}_1 + \acute{n}_2 + \ldots + \acute{n}_\mu$, ein Betrag, der etwa für $r = \mu = n_1 = n_2 = n_3 = n_4 = n_5 = n_6 = 6$ in der Zahl Nr. 2772 sich stellt, während eigentlich blos μ dieser Argumente, im angezogenen Fall blos 6 Argumente willkürlich angenommen werden dürfen. Im allgemeinen Falle wäre demgemäss die Zahl μ die Grenze, welche man als Argumentenanzahl der reducirten zweiten Variation anstreben soll. Diesem Bestreben setzen sich aber in den Weg die eben erwähnten zwischen den N Argumenten bestehenden, für alle möglichen Probleme der Variationsrechnung sich gleich bleibenden Beziehungen, denen man bei der anzustrebenden Reduction Rechnung tragen soll. Die Auflösung dieser Beziehungen gehört jedenfalls in die allgemeine Theorie — es sei denn, dass man die Unmöglichkeit der Beseitigung dieses Hindernisses mit einem Beweis erhärtet.

2. In der reducirten, unter dem Integrationszeichen stehenden Summe in 7) spiegeln sich die zur Darstellung der Integrationsgrenzen dienenden Functionen x', x'' in keinerlei Weise ab; der Nachweis der eventuellen Stabilität oder Nichtstabilität des Vorzeichens dieser Summe wird demgemäss diejenigen Kriterien ganz gewiss nicht liefern, welche erst nach Einsicht in die Eigenschaften der Integrationsgrenzen gewonnen werden können.

3. Clebsch bietet keine Instruction, wie man sich zu benehmen habe, um während der Untersuchung des Vorzeichens einer Function stets in der vorgeschriebenen Veränderlichkeitssphäre verbleibend, schliesslich versichert zu sein, dass man die gesetzliche Veränderlichkeitssphäre erschöpft hat; er gibt nicht die Grenzwerthe der Variablen an, innerhalb deren die in die Function zu substituirenden Werthe der Grundvariablen enthalten sein müssen.

4. Die durch den Calcül-Mechanismus erreichte Thatsache des Überganges von den ursprünglichen Argumenten $z, z_1, z_2, \ldots z_\mu$ zur neuen mit $Z, Z_1, Z_2, \ldots Z_\mu$ bezeichneten Argumentenschaar, welche der ausgezeichneten Eigenschaft sich erfreut, dass die einzelnen Z-Argumente im Angesichte des vorgelegten Integrationswesens nur in den höchsten Differentialquotienten ihre Existenz beurkundend, sonst in allen Differentialquotienten tieferen Ranges verschwinden, wäre jedenfalls einer analytischen Discussion zu unterwerfen, um dann rückschliessend die mit obigen Eigenschaften ausgerüstete undifferenzirte Form der Z-Argumente zu ersinnen.

Eine derartige Discussion und die hiedurch veranlasste Entdeckung der undifferenzirten Z-Argumente wäre in jeder Beziehung eine dankbare. Die Substitution solcher Z-Formen an der Stelle der ursprünglichen z-Argumente in den Ausdruck 6) würde im Angesichte des vorgelegten Integrationswesens vor Allem die von Clebsch angestrebte und erreichte Reduction ganz gewiss zur Folge haben, und im Weiteren entweder eine neue im Wesen der angestrebten Reduction zwar gegründete, dem Forscher jedoch im Vorhinein noch unbewusste Vereinfachung von $\delta^2\mathfrak{S}$ bewirken — oder in minder günstigem Falle ausser der von Clebsch bewirkten keine weitere Vereinfachung bieten. Im ersteren Falle erreicht man die Grenze jeder möglichen Vereinfachung von $\delta^2\mathfrak{S}$, im zweiten Falle wäre der oben erwähnte Unmöglichkeitsbeweis geliefert, der uns dann von jedem Streben nach weiterer Vereinfachung von $\delta^2\mathfrak{S}$ dispensirt.

Unter Anleitung der hier vorgebrachten Bemerkungen ist es mir möglich geworden, die nachstehende Theorie der relativen Maxima und Minima bestimmter Integrale zu verfassen, welche in ihrer Anlage und Durchführung sich durch musterhafte Einfachheit auszeichnet, und der Erforschung specieller Fälle jeden theoretisch möglichen Vorschub bietet.

---

§. 1.

Sei

$$1)\quad S=\int_{x_1'}^{x_1''}\int_{x_2'}^{x_2''}\cdots\int_{x_r'}^{x_r''} V dx_r dx_{r-1}\ldots dx_2 dx_1=\int^{(r)} V dx_r dx_{r-1}\ldots dx_2 dx_1;$$

$$2)\quad v_1=v_2=v_3=\ldots v_\nu=0,$$

wobei allgemein:

$$3)\quad V=F(\ldots x_r,\ldots U_{m\,m_s}\ldots);\quad v_p=\overset{p}{F}(\ldots x_r,\ldots U_{m\,m_s}\ldots)$$

$$4)\quad \begin{aligned} &x_2'=\varphi_2'(x_1),\quad x_3'=\varphi_3'(x_1,x_2),\quad x_4'=\varphi_4'(x_1,x_2,x_3),\ldots x_r'=\varphi_r'(x_1,x_2,\ldots x_{r-1}),\\ &x_2''=\varphi_2''(x_1),\quad x_3''=\varphi_3''(x_1,x_2),\quad x_4''=\varphi_4''(x_1,x_2,x_3),\ldots x_r''=\varphi_r''(x_1,x_2,\ldots x_{r-1}),\end{aligned}$$

$$5)\quad \Delta_1=x_1''-x_1',\ \Delta_2=x_2''-x_2',\quad \Delta_3=x_3''-x_3',\quad\ldots\quad \Delta_r=x_r''-x_r'.$$

In den Ausdrücken F und $\overset{p}{F}$ soll durch $\ldots x_r$ angedeutet sein, dass in V und v_p die Grössen $x_1, x_2,\ldots x_r$ als unabhängige Variablen vorkommen, dagegen mag die symbolische Bezeichnung $\ldots U_{m\,m_s}\ldots$ daran erinnern, dass V und v_p Functionen sind der Unbekannten von $x_1, x_2,\ldots x_r$ abhängigen Functionen $U_1, U_2, U_3,\ldots U_\mu$ nebst ihren partiellen bis zu den Ordnungen $n_1, n_2,\ldots n_\mu$ reichenden Ableitungen, welche durch die Zeiger m_s in der Weise angedeutet erscheinen, dass man sich vor Allem das Symbol m_s als eine Gruppe von Zahlen $m_{s1}, m_{s2}, m_{s3},\ldots m_{sr}$ denkt, und unter Einführung der Bezeichnung

$$6)\quad [m_s]=m_{s1}+m_{s2}+\ldots+m_{sr}$$

die Symbole $U m m_s$, $U\mu\mu_s,\ldots$ im Folgenden definirt:

$$7)\quad U_{m\,m_s}=\frac{d^{[m_s]}U_m}{dx_1^{m_{s1}}dx_2^{m_{s2}}\ldots dx_r^{m_{sr}}}=(U_m)_{m_s};\quad U_{\mu\,\mu_s}=\frac{d^{[\mu_s]}U_\mu}{dx_1^{\mu_{s1}}dx_2^{\mu_{s2}}\ldots dx_r^{\mu_{sr}}}=(U_m)_{\mu_s}.$$

Die zur Function U_m gehörigen Zahlengruppen in abnehmender Ordnung fortlaufend bezeichnen wir mit

$$8)\quad m_1,\ m_2,\ m_3,\ldots\ldots m_{n_m'-1},\ m_{n_m'},\ m_{n_m'+1},\ldots m_{n_m''-1},\ m_{n_m''}$$

dergestalt, dass die nach 6) zu deutenden Zahlensummen:

$$9)\quad [m_1],\ [m_2],\ [m_3],\ldots[m_{n_m'-1}],\ [m_{n_m'}],\ [m_{n_m'+1}],\ldots[m_{n_m''-1}],\ [m_{n_m''}]$$

entweder abnehmend, oder zum wenigsten nicht wachsend geordnet erscheinen.

In Bezug auf die ersten Ausdrücke in 9) mag noch folgende Relation gelten:

$$10)\quad [m_1]=[m_2]=[m_3]=\ldots=[m_{n_m'-1}]=[m_{n_m'}]=n_m,$$

wornach die Zahl n_m den höchsten Differentiationsrang andeutet, bis zu welchem sich die partiellen Ableitungen von U_m erheben dürfen. Den Zahlen $n_1, n_2,\ldots n_{\mu-1}, n_\mu$ gehört offenbar die oben ausgesprochene Bedeutung in Bezug auf die entsprechenden unbekannten Functionen $U_1, U_2, U_3, U_4,\ldots U_{\mu-1}, U_\mu$ an.

In dem Falle, wo eine unbekannte Function U_m in allen möglichen, bis einschliesslich dem Range n_m angehörigen Differentialquotienten in V erscheint, findet man:

$$11)\quad n_m'=\binom{n_m+r-1}{r-1},\ n_m''=\binom{n_m+r}{r}.$$

In diesbezüglichen Problemen gehören sehr oft auch diejenigen Functionen in die Reihe der zu bestimmenden Unbekannten, welche sub 4) die Darstellung der Integrationsgrenzen in der Art vermitteln, dass eine

Grenzfunction etwa x_p' als eine Function blos derjenigen Grundvariablen zu gelten hat, welche mit kleinerem Zeiger als p behaftet sind.

Diese Probleme lauten in der Hauptfassung folgendermassen:

Man soll die unbekannten Functionen $U_1, U_2 \ldots U_\mu, x', x''$ so bestimmen, dass unter Berücksichtigung der Bedingungsgleichungen 2) das bestimmte $r$fache Integral S sub 1), wenn dies überhaupt möglich ist, einen Maximal- oder Minimalwerth erreiche. 12)

Bezeichnet man die Variation von U_m mit

$$\partial U_m = \rho Z_m ,$$

unter ρ eine sehr kleine beliebig bezeichnete von $x_1, x_2, x_3, \ldots x_r$ unabhängige Zahl verstanden, so erhält man:

$$\begin{gathered} \partial U_{m m_s} = \partial (U_m)_{m_s} = (\partial U_m)_{m_s} = (\rho Z_m)_{m_s} = \rho (Z_m)_{m_s} = \rho Z_{m m_s} \\ \partial U_{m' m'_{s'}} = \rho Z_{m' m'_{s'}} , \quad \partial U_{3, 3_2} = \rho Z_{3, 3_2} , \quad \partial U_{4, 4_s} = \rho Z_{4, 4_s} , \text{ etc.} \end{gathered} \tag{13}$$

Seien $\lambda_1, \lambda_2, \lambda_3, \ldots \lambda_\nu$ einstweilen unbestimmte, in Bezug auf ihre Functionsform unveränderliche Functionen von $x_1, x_2, \ldots x_\nu$; sei ferner

$$\begin{gathered} \mathfrak{W} = V + \lambda_1 v_1 + \lambda_2 v_2 + \lambda_3 v_3 + \ldots + \lambda_\nu v_\nu = \mathfrak{F}(\ldots x_r \ldots U_{m m_s} \ldots) \\ \mathfrak{S} = \int_{x_1'}^{x_1''} \int_{x_2'}^{x_2''} \cdots \int_{x_r'}^{x_r''} \mathfrak{W}\, dx_r\, dx_{r-1} \ldots dx_2\, dx_1 = \int^{(r)} \mathfrak{W}\, dx_r\, dx_{r-1} \ldots dx_2\, dx_1 , \end{gathered} \tag{14}$$

so kann man nach dem Vorgange von Lagrange das in 12) definirte Problem folgendermassen aussprechen.

Man soll die Unbekannten $U_1, U_2, \ldots U_\mu, x', x''$ so bestimmen, dass hiedurch das $r$fache Integral $\mathfrak{S}$ zu einem Maximum oder Minimum werde, wobei schliesslich über die Functionen $\lambda_1, \lambda_2, \ldots \lambda_3$ so verfügt werden soll, dass durch ihre Werthe den Bedingungen 2) genügt werde. 15)

Durch Entwicklung nach Taylor, mit ρ^2 die Reihe abschliessend, findet man:

$$\mathfrak{W}' = \mathfrak{F}(\ldots x_r, \ldots (U_{m m_s} + \rho Z_{m m_s}) \ldots) = \mathfrak{W} + \mathfrak{W}_1 \rho + \mathfrak{W}_2 \frac{\rho^2}{2} \tag{16}$$

sobald man

$$\rho \mathfrak{W}_1 = \rho \mathop{S}_{1}^{\mu}{}_m \mathop{S}_{1}^{n''_m}{}_s \left[\frac{\partial \mathfrak{W}}{d U_{m m_s}} Z_{m m_s} \right] = \partial \mathfrak{W} \tag{17}$$

$$\frac{\rho^2}{2} \mathfrak{W}_2 = \frac{\rho^2}{2} \mathop{S}_{1}^{\mu}{}_{m'} \mathop{S}_{1}^{\mu}{}_m \mathop{S}_{1}^{n''_m}{}_{s'} \mathop{S}_{1}^{n''_m}{}_s \left[\frac{\partial^2 \mathfrak{W}}{d U_{m m_s}\, d U_{m' m'_{s'}}} Z_{m m_s} Z_{m' m'_{s'}} \right] = \partial^2 \mathfrak{W} \tag{18}$$

setzt. — Mit Hilfe des theilweisen Integrirens lässt sich jedes Integral

$$\int^{(r)} \frac{\partial \mathfrak{W}}{d U_{m m_s}} Z_{m m_s}\, dx_r\, dx_{r-1} \ldots dx_2\, dx_1$$

als aus zwei Theilen zusammengesetzt darstellen, und zwar:

$$\int^{(r)} \frac{\partial \mathfrak{W}}{d U_{m m_s}} Z_{m m_s}\, dx_r\, dx_{r-1} \ldots dx_2\, dx_1 = \int^{(r)} \left(\frac{\partial \mathfrak{W}}{d U_{m m_s}} \right)_{m_s} (-1)^{[m_s]} Z_m\, dx_r\, dx_{r-1} \ldots dx_2\, dx_1 + \tau_{(m, s)} . \tag{19}$$

Der erste dieser Theile wird aus dem vorgelegten Integral erhalten, indem man es mit $(-1)^{[m_s]}$ multiplicirt, und die Differentiationszeigergruppe m_s vom Ausdrucke $Z_{m m_s}$ loslösend, dieselbe zu gleichem Zwecke dem Ausdrucke $\frac{\partial \mathfrak{W}}{d U_{m m_s}}$ links unterhalb anhängt. Der zweite mit $\tau_{(m\, s)}$ bezeichnete Theil besteht aus

Integralen niederer Ordnung als r, weil man nach Ausführung der bei diesen Ausdrücken sich darbietenden Integrationen angewiesen wird, in derselben einige der Integrationszeichen etwa: $\int_{x'_v}^{x''_v}, \int_{x'_h}^{x''_h}, \ldots$ in entsprechende Substitutionszeichen $\Big|_{x'_v}^{x''_v}, \Big|_{x'_h}^{x''_h}, \ldots$ umzugestalten, und in eben dem Maasse $\tau_{(ms)}$ als einen Complex von Integralen niederer Ordnung anzusehen, als dies der Index r andeutet.

20)

Die in 19) angedeutete Operation lässt sich mit Hilfe des theilweisen Integrirens stufenweise, wenn zwar etwas mühselig, so doch ohne alle möglichen Hindernisse bewerkstelligen. Wir überlassen daher die endgiltige Darstellung des Complexes $\tau_{(ms)}$ recht gerne dem jeweiligen Unternehmen, irgend einen speciellen Fall der wirklichen Ausbildung zuzuführen.

Setzt man zur Bezeichnung der Variation der Grenzen

$$\delta x' = \rho\mathfrak{z}', \; \delta x'' = \rho\mathfrak{z}'',$$

und kürzerer Schreibweise wegen:

$$21)\quad \int_{x'_1}^{x''_1}\int_{x'_2}^{x''_2}\cdots\int_{x'_{h-1}}^{x''_{h-1}}\Big|_{x'_h}^{x''_h}\int_{x'_{h+1}}^{x''_{h+1}}\cdots\int_{x'_r}^{x''_r}\mathfrak{W}\,dx_r\,dx_{r-1}\ldots dx_{h+1}\,\delta x_h\,dx_{h-1}\ldots dx_2\,dx_1 = \rho\tau_h,$$

so findet man:

$$22)\quad \delta\mathfrak{S} = \int^{(r)}\delta\mathfrak{W}\,dx_r\,dx_{r-1}\ldots dx_2\,dx_1 + \rho\,\mathop{S}_{1}^{r}{}_h\,\tau_h,$$

und wegen 17), 18) und 19)

$$23)\quad \delta\mathfrak{S} = \rho\int^{(r)}dx_r\,dx_{r-1}\ldots dx_2\,dx_1\mathop{S}_{1}^{\mu}{}_m\mathop{S}_{1}^{n''_m}{}_s\left[\left(\frac{\partial\mathfrak{W}}{dU_{m\,m_s}}\right)_{m_s}(-1)^{[m_s]}\,Z_m\right] + \rho\mathop{S}_{1}^{\mu}{}_m\mathop{S}_{1}^{n''_m}{}_s\tau_{(ms)} + \rho\mathop{S}_{1}^{r}{}_h\,\tau_h,$$

und unter der für jeden Zeiger zu geltenden Voraussetzung:

$$\delta x' = \delta x'' = 0$$

$$24)\quad \delta^2\mathfrak{S} = \frac{\rho^2}{2}\int^{(r)}dx_r\,dx_{r-1}\ldots dx_2\,dx_1\mathop{S}_{1}^{\mu}{}_{m'}\mathop{S}_{1}^{\mu}{}_m\mathop{S}_{1}^{n''_m}{}_{s'}\mathop{S}_{1}^{n''_m}{}_s\left[\frac{\partial^2\mathfrak{W}}{dU_{m\,m_s}\,dU'_{m\,m'_{s'}}}Z_{m\,m_s}\,Z_{m'\,m'_{s'}}\right].$$

In Übereinstimmung mit dem bei der Ermittlung der Maxima und Minima gewöhnlicher Functionen üblichen Verfahren setzen wir in $\delta\mathfrak{S}$ den Coëfficient von ρ der Null gleich, und erhalten innerhalb der zulässigen Willkürlichkeit von $Z_1, Z_2, \ldots Z_\mu, \mathfrak{z}', \mathfrak{z}''$ auf Grund der von Sarrus hierüber niedergelegten Bemerkungen und überhaupt auf Grund der bei verschiedenen Problemen dieser Art verschieden sich gestaltenden Orientirungsumständen folgende Systeme von Bestimmungsgleichungen:

$$25)\quad \text{(I)}\quad \mathop{S}_{1}^{n''_1}{}_s\left[(-1)^{[1_s]}\frac{\partial\mathfrak{W}}{dU_{1,1_s}}\right]_{1_s} = \mathop{S}_{1}^{n''_2}{}_s\left[(-1)^{[2_s]}\frac{\partial\mathfrak{W}}{dU_{2,2_s}}\right]_{2_s} = \ldots = \mathop{S}_{1}^{n''_\mu}{}_s\left[(-1)^{[\mu_s]}\frac{\partial\mathfrak{W}}{dU_{\mu\,\mu_s}}\right]_{\mu_s} = 0;$$

$$26)\quad \text{(II)}\quad v_1 = v_2 = v_3 = \ldots = v_{\nu-1} = v_\nu = 0;$$

$$27)\quad \text{(III)}\quad \mathop{S}_{1}^{\mu}{}_m\mathop{S}_{1}^{n''_m}{}_s\tau_{(ms)} + \mathop{S}_{1}^{r}{}_h\,\tau_h = 0;$$

indem wir die Eruirung des aus 27) zu bildenden Gleichungssystems der jeweiligen Behandlung von speciell vorgelegten Problemen überlassen.

In 25) und 26) haben wir ein System von $(\mu+\nu)$ simultanen Differentialgleichungen, mit partiellen verschiedenen Ordnungen angehörigen Differentialquotienten der Unbekannten $U_1, U_2, U_3, \ldots U_\mu, \lambda_1, \lambda_2, \lambda_3, \ldots \lambda_\nu$, welche in Bezug auf $U_1, U_2, \ldots U_\mu$ beziehungsweise die Zahlen $2n_1, 2n_2, \ldots 2n_\mu$, und in Bezug auf $\lambda_1, \lambda_2, \ldots \lambda_\nu$ die gemeinschaftliche, den Zahlen $n_1, n_2, \ldots n_\mu$ entnommene höchste Zahl n_s als die höchsten Rangzahlen aufweisen, bis zu welchen sich die partiellen Differentialquotienten der entsprechenden unbekannten Functionen in diesen Gleichungen erheben.

28)

Aus 25) und 26) ziehen wir in allgemeiner Bezeichnung die Werthe der $(\mu+\nu)$ unbekannten Functionen:

$$U_m = F_m(x_1, x_2, \dots x_r, \theta_1, \theta_2, \theta_3, \dots); \quad \lambda_m = f_m(x_1, x_2, \dots x, \theta_1, \theta_2, \theta_3, \dots) \tag{29}$$

worin $\theta_1, \theta_2, \theta_3, \dots$ auf eine dem Range der Differentialgleichungen 25), 26) entsprechende Anzahl von willkürlichen Functionen hindeuten.

Die Erfüllung des Gleichungssystems (III) unter Beachtung der jeweilig in speciellen Problemen sich darbietenden Orientirungsumstände verhilft uns schliesslich zur Auffindung und Feststellung der noch Unbekannten $\theta_1, \theta_2, \dots x', x''$.

Ohne uns in die nähere Specialisirung der Umstände und Bedingungen, und in die Angabe der Art und Weise einzulassen, wie solche die endgiltige Bestimmung der Unbekannten $U_1, U_2, \dots U_\mu, \lambda_1, \lambda_2, \dots \lambda_\nu, x', x''$ herbeiführen, nehmen wir an, dass es uns bereits gelungen sei, zu folgenden Resultaten:

$$U_m = \overset{m}{F}(x_1, x_2, \dots x_r), \quad \lambda_m = \overset{m}{f}(x_1, x_2, \dots x_r), \tag{30}$$

$$x'_m = \varphi'_m(x_1, x_2, \dots x_{m-1}) \quad x''_m = \varphi''_m(x_1, x_2, \dots x_{m-1}) \tag{31}$$

für alle erforderlichen Werthe von m zu gelangen, so können wir behaupten, dass in dem den Lösungen 30), 31) subsummirten Falle nur einzig für diese Werthe der Unbekannten, das Integral $\mathfrak{S}$ und hiemit auch S fähig sei, sich im Zustande des Maximums oder Minimums zu befinden. Ob dieser Zustand wirklich eintritt, und wenn dies geschieht, ob man ihn als Maximal- oder Minimalzustand anzusehen habe, darüber wird uns erst eine nähere Erörterung des Vorzeichens von $\delta^2\mathfrak{S}$ auf Grundlage der durch die Gleichungen 26) eingeschränkten Willkürlichkeit der Functionen Z_1, Z_2, Z_3, Z_μ einen sicheren Aufschluss gewähren.

§. 2.

Bevor wir den Ausdruck $\delta^2\mathfrak{S}$ einer näheren Prüfung in Bezug auf sein Vorzeichen unterwerfen, fragen wir nach, was in dem bestimmten Integral

$$A = \int_{x'_1}^{x''_1}\int_{x'_2}^{x''_2}\cdots\int_{x'_r}^{x''_r} dx_r\, dx_{r-1}\dots dx_1\, F(x_r, x_{r-1}, \dots x_1) \tag{1}$$

mit dem zu integrirenden Ausdrucke für Veränderungen vor sich gehen, wenn man A als eine wiederholte Summirung der Differentialelemente ansieht.

Die Integration in Bezug auf x_r zwischen x'_r und x''_r wird vollführt, wenn man in $F(x_r, x_{r-1}, \dots x_1)$

$$x_r = x'_r + \alpha_r \Delta_r \tag{2}$$

substituirt, und dann in dem daraus hervorgehenden allgemeinen Ausdruck

$$F = F_1(\alpha_r, x_{r-1}, \dots x_2, x_1) \tag{3}$$

α_r als eine zwischen Null und der Einheit variable Grösse ansieht.

Bei der nächsten Summirung in Bezug auf x_{r-1} wird

$$x_{r-1} = x'_{s-1} + \alpha_{r-1}\Delta_{r-1} \tag{4}$$

gesetzt, und es wird

$$F = F_1 = F_2(\alpha_r, \alpha_{r-1}, x_{r-2}, \dots x_2, x_1) \tag{5}$$

als die allgemeine Form der Factoren der einzelnen Elemente auftreten, sobald man anstatt α_r, α_{r-1} irgend welche zwei zwischen Null und der Einheit liegende Werthe sich vorstellt.

Durch Verwendung der aufeinanderfolgenden Substitutionen

$$x_r = x'_r + \alpha_r\Delta_r, \quad x_{r-1} = x'_{r-1} + \alpha_{r-1}\Delta_{r-1}, \quad \dots \quad x_2 = x'_2 + \alpha_2\Delta_3, \quad x_1 = x'_1 + \alpha_1\Delta_1 \tag{6}$$

wird endlich der Ausdruck A aus lauter Summanden zusammengesetzt erscheinen, welche aus dem Ausdrucke

$$F(x_r, x_{r-1}, \ldots x_2, x_1) = F_r(\alpha_r, \alpha_{r-1}, \ldots \alpha_2, \alpha_1, \Delta_1) \tag{7}$$

ihren Factor beziehen, wenn man an die Stelle eines jeden α irgend einen zwischen Null und der Einheit liegenden Werth einsetzt.

In Folge ähnlicher Substitutionen 7) wird:

$$\mathfrak{p} = \Delta_1 \Delta_2 \Delta_3 \ldots \Delta_{r-1} \Delta_r = f(\alpha_{r-1}, \alpha_{r-2}, \ldots \alpha_1, \Delta_1) \tag{8}$$

und man erhält schliesslich

$$A = \int_0^1 \int_0^1 \ldots \int_0^1 F_r(\alpha_r, \alpha_{r-1}, \ldots \alpha_1)\, \mathfrak{p}\, d\alpha_r, d\alpha_{r-1}, \ldots d\alpha_1 \tag{9}$$

sobald man Δ_1 als constant oder als eine Function eines constanten Parameters ansieht, und jedes α als zwischen Null und der Einheit variabel sich vorstellt. Aus 9) sieht man, dass das Vorzeichen irgend eines Elementes von A sich als Product der Vorzeichen von F_r und $\mathfrak{p}$ hinstellt.

Soll überhaupt eine Function von $x_r, x_{r-1}, \ldots x_2, x_1$ im Bereiche der Integrationsgrenzen in Bezug auf das ihren Werthen zukommende Vorzeichen untersucht werden, so transformire man diese Function mittelst 7) in einen Ausdruck aus den Variablen $\alpha_r, \alpha_{r-1}, \ldots \alpha_2, \alpha_1$ — und untersuche sein Vorzeichen in Bezug auf die zwischen Null und der positiven Einheit eingeschlossenen Werthe von α.

Behufs Transformation des Summenausdruckes $\delta^2 \mathfrak{S}$ setzen wir unter Festhaltung der Hypothese $\mathfrak{z}' = \mathfrak{z}'' = 0$ und der Bedeutung von n_m, und unter der Voraussetzung eines gehörig grossen, d. h. wenigstens eines so grossen n, dass in einem endlichen Polynome das Vorzeichen und der Werth desjenigen Gliedes den Ausschlag gibt, welches die niedrigste Potenz von n im Nenner beherbergt.

$$w_r = \alpha_1, x_2, \ldots \alpha_r = \frac{x_r - x_r'}{\Delta_r} + \frac{x_{r-1} - x_{r-1}'}{\Delta_{r-1}} + \ldots + \frac{x_1 - x_1'}{\Delta_1}, \; w = 2n\pi w; \tag{10}$$

$$\frac{d^{[m_s]} (\sin w)^{n_m}}{dw^{[m_s]}} = (\sin w^{n_m})_{[m_s]}, \tag{11}$$

$$\left(m_s \frac{\partial w_r}{dx}\right) = \left(\frac{\partial w_r}{dx_1}\right)^{m_{s1}} \left(\frac{\partial w_r}{dx_2}\right)^{m_{s2}} \cdots \left(\frac{\partial w_r}{dx_r}\right)^{m_{sr}} \tag{12}$$

$$Z_m = \frac{\sin w^{n_m}}{(2n\pi)^{n_m}} \varepsilon \varphi_m \tag{13}$$

unter φ_m und ε beliebige innerhalb der Grenzen continuirliche und endliche Functionen von x_1, x_2, x_r verstanden.

Mit Rücksicht auf die Bedeutung des Differentiationsindex m_s hat man aus 13)

$$Z_{m m_s} = \frac{\left(m_s \frac{\partial w_r}{dx}\right) (\sin w^{n_m})_{[m_s]} \varphi_m \varepsilon}{(2n\pi)^{n_m - [m_s]}} + \sigma, \tag{14}$$

wo σ den Betrag derjenigen Glieder andeutet, welche mit einer höheren Potenz von n im Nenner multiplicirt sind, als dies der Unterschied $n_m - [m_s]$ andeutet.

Insoferne wir uns die Coëfficienten der Form $\frac{\partial^2 \mathfrak{W}}{dU_{m m_s} dU_{m' m'_{s'}}}$ innerhalb der Grenzen als endliche und continuirliche Functionen denken, können wir auf Grund des sehr grossen n in 14) σ weglassen und schreiben:

$$Z_{m m_r} = \frac{\left(m_s \frac{\partial w_r}{dx}\right) (\sin w^{n_m})_{[m_s]}}{(2n\pi)^{n_m - [m_s]}} \varepsilon \varphi_m. \tag{15}$$

Für $[m_s] < n_m$ enthält jeder Bestandtheil von Z_{mm_s} und sogar jeder in σ enthaltene Bestandtheil den Factor $sin\, w$ mindestens in der ersten Potenz. Demgemäss muss Z_{mm_s} für $x = x'$, $x = x''$ verschwinden, sobald $[m_s] < n_m$ sich gestaltet. Dieser Ausdruck verschwindet jedesmal, wenn $2n(\alpha_1 + \alpha_2 + \ldots + \alpha_r) = 2n w_r$ sich als eine ganze Zahl stellt; beim ungeraden $[m_s]$ selbst dann noch, wenn $2n w_r = \frac{k}{2}$ mit einem ungeraden k sich ergibt. Möglicherweise dürfte Z_{mm_s} zuweilen in Fällen verschwinden, wo weder $sin\, w$ noch $cos\, w$ Null wird.

Man erhält $[m_s] = n_m$, sobald man für s einen beliebigen von den Zeigerwerthen

$$1,\ 2,\ 3,\ .\ .\ .\ \acute{n}_m - 1, \ldots \acute{n}_m \tag{16}$$

setzt.

In diesem Falle setze man

$$\varphi\,(sin\, w^{n_m})_{[m_s]} = (sin\, w^{n_m})_{n_m}\, \varphi_m = \psi_m, \tag{17}$$

und erhält

$$Z_{m m_s} = \left(m_s \frac{\partial w_r}{dx}\right) \varepsilon\, \psi_m. \tag{18}$$

Für $x = x'$, $x = x''$ hat man $(sin\, w^{n_m})_{n_m} = n_m!$, und schliesst, dass für $[m_s] = n_m$ der Ausdruck Z_{mm_s} nur dann verschwindet, wenn hiebei entweder φ_m verschwindet, oder wenn in Folge gewisser Eigenthümlichkeiten der Functionen x', x'' der Ausdruck $\left(m_s \frac{\partial w_r}{dx}\right)$ einen Nullwerth annimmt. Da für $[m_s] = n_m$ die sehr grosse Zahl n im Nenner von Z_{mm_s} nicht vorkommt, so werden nur diejenigen Argumente Z_{mm_s} bei wachsendem n nicht verschwindend klein ausfallen, welche den Differentialquotienten von U des höchsten Ranges entsprechen. Gegen die Eventualität, dass irgend ein Δ im gegebenen Intervall verschwinden könnte, verwahren wir uns desshalb, weil diesfällig der Ausdruck $\left(m_s \frac{\partial w_r}{dx}\right)$ unendlich gross ausfallen, und eben hiedurch die obige Behauptung trüben könnte.

Auf Grund der besprochenen Eigenschaft der Substitution 13) 18), haften die Nachbarwerthe U_m und $(U_m + \rho Z_m)$ an sporadisch ausgestreuten Stellen vollkommen in einander, sonst aber unterscheiden sie sich blos in Beziehung auf Differentialquotienten vom höchsten Range n_m, und nähern sich mit wachsendem n unablässig einer sogenannten Osculation der $(n_m - 1)$ten Ordnung. Die Substitution 18) wird desshalb **osculatorische Substitution** genannt.

Auf Grund der osculatorischen Substitution 18) werden in Folge des sehr gross gedachten n aus dem Ausdrucke $\partial^2 \mathfrak{S}$ alle Glieder wegfallen, welche der Relation $[m_s] < n_m$ entsprechen. Dieser Umstand erfordert, dass wir die in $\partial^2 \mathfrak{S}$ angedeuteten Summirungen in Bezug auf die Zeiger s, s' blos bis zu den Zahlen $\acute{n}_m$, $\acute{n}_{m'}$ erstrecken, und nicht bis zu den Zahlen $\acute{\acute{n}}_m$, $\acute{\acute{n}}_{m'}$ wie dies im ursprünglichen Ausdruck $\partial^2 \mathfrak{S}$ angedeutet erscheint.

Hierauf fussend, erhält man:

$$\overset{\acute{\acute{n}}_{m'}}{\underset{1}{S}}{}_{s'} \overset{\acute{\acute{n}}_m}{\underset{1}{S}}{}_s \left[\frac{\partial^2 \mathfrak{W}}{d\, U_{m m_s}\, d\, U_{m' m'_{s'}}} Z_{m m_s} Z_{m' m'_{s'}}\right] = \varepsilon^2 \overset{\acute{n}_{m'}}{\underset{1}{S}}{}_{s'} \overset{\acute{n}_m}{\underset{1}{S}}{}_s \left[\frac{\partial^2 \mathfrak{W}}{d\, U_{m m_s}\, d\, U_{m' m'_{s'}}} \left(m_s \frac{dw_r}{dx}\right)\left(m'_{s'} \frac{dw_r}{dx}\right) \psi_m \psi_{m'}\right] \tag{19}$$

und Kürze wegen

$$\overset{\acute{n}_{m'}}{\underset{1}{S}}{}_{s'} \overset{\acute{n}_m}{\underset{1}{S}}{}_s \left[\frac{\partial^2 \mathfrak{W}}{d\, U_{m m_s}\, d\, U_{m' m'_s}} \left(m_s \frac{dw_r}{dx}\right)\left(m'_{s'} \frac{dw_r}{dr}\right)\right] = a_{m m'} = a_{m' m} \tag{20}$$

setzend, erhalten wir mittelst Substitution 18) die Darstellung von $\partial^2 \mathfrak{S}$ im Folgenden:

Für

$$\partial x' = \partial x'' = 0\,, \quad \partial^2 \mathfrak{S} = \frac{\rho^2}{2} \int^{(r)} dx_r\, dx_{r-1} \ldots dx_2\, dx_1\, \varepsilon^2 \overset{\mu}{\underset{1}{S}}{}_{m'} \overset{\mu}{\underset{1}{S}}{}_m [a_{m m'} \psi_m \psi_{m'}]. \tag{21}$$

Auf gleiche Weise vorgehend, setzen wir:

$$\overset{n_m}{\underset{1}{S_s}}\left[\frac{d v_p}{d\, U_{m\, m_s}}\left(m_s \frac{d w_r}{d x}\right)\right] = b_{p,\, m} \tag{22}$$

und erhalten:

$$\delta v_p = \rho\, \varepsilon \overset{\mu}{\underset{1}{S_m}}[b_{p,\, m}\, \psi_m] = 0\,, \tag{23}$$

und hieraus folgendes System von ν Gleichungen:

$$\tau_1 = 2 \overset{\mu}{\underset{1}{S_m}}[b_{1,\, m}\, \psi_m] = 0\,,\ \ \tau_2 = 2 \overset{\mu}{\underset{1}{S_m}}[b_{2, m}\, \psi_m] = 0\ \ldots\ \tau_\nu = 2 \overset{\mu}{\underset{1}{S_m}}[b_{\nu,\, m}\, \psi_m] = 0, \tag{24}$$

welche dem Umstande ihren Bestand verdanken, dass die Gleichungen 2), §. 1 auch für den Fall gelten sollen, wenn man in denselben durchgehends $(U_1 + \rho Z_1)$, $(U_2 + \rho Z_2)$,...$(U_\mu + \rho Z_\mu)$ an die Stelle von U_1, U_2,... U_μ substituirt.

In den Resultaten 21) und 24) werden die symbolisch gegebenen Ausdrücke $a_{m m'}$, $b_{p,\, m}$ auf Grund der Auflösungen 30), 31), §. 1 als berechnet, und als reine Functionen von x_1, x_2,...x_r, oder mit Rücksicht auf die Transformation 7) als Functionen von α_1, α_2, α_3,...α_r dargestellt gedacht. Indem wir schon im Anfang des vorigen Paragraphes die Entwicklung nach Taylor vornahmen, haben wir stillschweigend angenommen, dass die Ableitungen von V, v, 𝔚 in Bezug auf die Unbekannten U_1, U_2,... U_μ und ihre Differentialquotienten $U_{m\, m_s}$ im Bereiche des Integrationsintervalls endlich und stetig sich erweisen. Nimmt man ausserdem an, dass die Function Δ_1, Δ_2,...Δ_r im Bereiche des erwähnten Intervalls nicht verschwinden dürfen, und demgemäss in eben diesem Intervall je ein stabiles Vorzeichen beurkunden, so muss man innerhalb des gedachten Intervalls auch den Functionen $a_{m m'}$, $b_{p,\, m}$ die Stetigkeit und Endlichkeit zuerkennen. (25) (26)

Die Erzielung der überraschend vereinfachten Transformationsresultate in 21) und 24) verdanken wir den in Bezug auf ε, ψ_m willkürlichen, jedoch in Bezug auf den Coëfficienten $\frac{\sin w^{n_m}}{(2n\pi)^{n_m}}$ einer mit specieller Eigenschaft behafteten Substitution. Eben dieser Coëfficient verursachte im Transformationsresultate die Beseitigung aller derjenigen Glieder, welche mit Differentialquotienten von U multiplicirt erscheinen, die nicht in die Classe der mit dem höchsten Range begabten Differentialquotienten von U angehörig waren. (27)

Auf Grund dieser Substitution ist das System der zur erwarteten Maximal- oder Minimalgestalt 𝔖 gehörigen Nachbargestalten reducirt auf ein System von solchen Nachbargestalten, welche von der erwarteten Gestalt 𝔖 sich blos in Bezug auf die höchsten für die Functionen U präliminirten Differentialquotienten unterscheiden, und so zu sagen mit 𝔖 je eine Osculation eingehen, welche in Bezug auf die einzelnen mit U bezeichneten Functionen bis zum entsprechenden Range $n_m - 1$ sich erhebt. (28)

Aus diesem Grunde liesse sich der Hilfscoëfficient $\frac{\sin w^{n_m}}{(2n\pi)^{n_m}}$ mit der Benennung Osculationscoëfficient belegen.

Die durch Verwendung des Osculationscoëfficienten und durch Annahme $\delta x' = \delta x'' = 0$ beseitigten Nachbargestalten unterscheiden sich von der erwarteten Gestalt 𝔖 bald schon in den Grenzen selbst, bald schon in Differentialquotienten von U tieferen Ranges als $n_m - 1$, und gehen ganz gewiss mit 𝔖 eine Osculation ein, welche wenigstens nicht durchgehends den Rang n_m erreicht, — und eben aus diesem Grunde liegen die beseitigten Nachbargestalten vom erwarteten 𝔖 entfernter, als die beibehaltenen.

(29) Man kann auch behaupten, dass die osculatorische Substitution 13), 18) die einzig mögliche sei, die uns zu erwünschten Kriterien führen kann, weil einerseits eine osculatorische Substitution tieferen Ranges zu entfernteren Nachbargestalten führend, keine sichere Unterscheidung gewähren kann, und weil anderseits eine osculatorische Substitution höheren Ranges in unserem Problem jedweden Unterschied zwischen den Nachbargestalten vernichtend, zwischen denselben durchaus keine Unterscheidungsmerkmale aufzuweisen vermag.

In Beziehung auf die durch Verwendung des Osculationscoëfficienten sich erbietende Anzahl der unter den eingeführten Functionen ε, ψ_1, $\psi_2, \ldots \psi_\mu$ in gewisser Beziehung willkürlich wählbaren Functionen ist leicht zu bemerken, dass dieselbe um eine Einheit grösser sich gestaltet, als dies bei der Anlage des vorgelegten Problems angemessen und durchaus erforderlich ist, dass es demgemäss unserem Ermessen anheimgestellt verbleibt, zwischen den Grössen eine neue, versteht sich, eine die Zwecke der weiteren Discussion möglichst fördernde Relation zu stiften. Als eine solche für die spätere Untersuchung sehr nützliche Relation erweist sich folgende: 30)

$$\eta = \sigma^2 - (\psi_1^2 + \psi_2^2 + \ldots + \psi_\mu^2) = 0 \quad \text{und} \quad \varepsilon \gtrless 0, \tag{31)}$$

sobald man $\sigma^2 = \overset{\mu}{\underset{1}{S_m}} \left[\left((\sin w^{n_m})_{n_m} \right)^2 \right]$ setzt, und hiemit aussagt, dass die Functionen ψ_1, $\psi_2 \ldots \psi_\mu$ nicht gleichzeitig identisch verschwinden dürfen, und im vorgeschriebenen Intervalle stets endlich verbleiben müssen.

Aus der in 27) bis 31) niedergelegten Auseinandersetzung geht zur Genüge hervor, dass die Vergleichung der auf Grund 30), 31), §. 1 berechneten Gestalt $\mathfrak{S} = S$ mit den in Folge Verwendung des Osculationscoëfficienten übrig gebliebenen nächsten Nachbargestalten zu entscheidenden Kriterien führen muss, ob die erwartete nach 30), 31), §. 1 ermittelte Gestalt $\mathfrak{S} = S$ sich im Zustande des Maximums oder Minimums — oder in gar keinem dieser Zustände befindet.

Es ist somit unsere nächste Aufgabe, zu untersuchen, ob der in 21) niedergelegte Ausdruck $\delta^2 \mathfrak{S}$ unter Beachtung der Relationen 24) und 31) im Bereiche der gesetzlichen Willkürlichkeit der Functionen ε, ψ_1, ψ_2, $\ldots \psi_\mu$ in Bezug auf sein Vorzeichen sich stabil erweise oder nicht; dann wird sich die erwartete Gestalt $\mathfrak{S} = S$

bei stabil positivem Werthe von $\delta^2 \mathfrak{S}$ im Zustande des Minimums,
" " negativem " " " " " " Maximums, 32)

befinden, und es wird $\mathfrak{S} = S$ keinen dieser Zustände ergeben, wenn erweislich die Grösse $\delta^2 \mathfrak{S}$ positive und negative Werthe anzunehmen vermag.

§. 3.

Mit Bezug auf das Zutreffen der in 26), §. 2 angedeuteten Bedingungen, welche innerhalb des Integrationsintervalls die Stetigkeit und Endlichkeit der mit $a_{m,m'}$, $b_{p,m}$ bezeichneten Grössen bedingen, können wir diese Eigenschaften auch bei der Summe

$$\varepsilon^2 M_2 = \varepsilon^2 \overset{\mu}{\underset{1}{S_{m'}}} \overset{\mu}{\underset{1}{S_m}} [a_{m,m'} \psi_m \psi_{m'}] \tag{1)}$$

gelten lassen, sobald wir ε endlich voraussetzen und erwägen, dass diese Eigenschaft den Functionen ψ_1, ψ_2, $\psi_3, \ldots \psi_\mu$ in Folge der Relation 31), §. 2 ganz gewiss anhaften muss.

Unter den Werthen von M_2, welche der in Bezug auf die Unbekannten ψ_1, $\psi_2, \ldots \psi_\mu$ gewonnenen Relation $\delta M_2 = 0$, und gleichzeitig den Relationen 24), 31), §. 2 entsprechen, befinden sich demgemäss theils Maximal-, theils Minimalwerthe von M_2, theils vielleicht auch solche, welche weder ein Maximum noch Minimum von M_2 darstellen. Den Inbegriff aller dieser Werthe von M_2 wollen wir unter der gemeinschaftlichen Benennung Hauptwerthe von M_2 auffassen, und im Gefolge dessen folgende Sätze anführen:

Ist M_2 im Bereiche der zulässigen Veränderlichkeit stabil positiv, oder stabil negativ, so besitzt es im ersten Fall nur positive, im zweiten Falle nur negative Hauptwerthe.

Ist M_2 im Bereiche der zulässigen Veränderlichkeit nicht mit einem stabilen Vorzeichen versehen, so gilt dies auch von den Hauptwerthen von M_2. 2)

Das gemeinschaftliche Vorzeichen aller Hauptwerthe von M_2 gehört auch den sämmtlichen Werthen von M_2 an.

Behufs Bestimmung der Hauptwerthe von M_2 unter Aufrechthaltung der sub 24) und 31), §. 2 ersichtlichen Bedingungen, setzen wir in bereits gepflogener Weise:

$$3)\quad \begin{aligned} \mathfrak{M} &= M_2 + s\gamma_l + s_1\gamma_1 + s_2\gamma_2 + \ldots + s_\nu\gamma_\nu, \\ \partial\mathfrak{M} &= \partial M_2 + s\partial\gamma_l + s_1\partial\gamma_1 + \ldots + s_\nu\partial\gamma_\nu = 0, \end{aligned}$$

wo $s, s_1, s_2, \ldots s_\nu$ einstweilen noch unbestimmte der Form nach unveränderliche Functionen von $x_1, x_2, \ldots x_r$ bedeuten.

Wir finden in Bezug auf die unbekannten Functionen $\psi_1, \psi_2, \psi_3, \ldots \psi_\mu$ aus 24), 31), §. 2 und 1)

$$\partial\gamma_p = \quad 2\mathop{S_m}_1^\mu (b_{\gamma_l m}\,\partial\psi_m),$$

$$\partial\gamma_l = -2\mathop{S_m}_1^\mu (\psi_m\,\partial\psi_m),$$

$$\partial M_2 = \quad 2\mathop{S_{m'}}_1^\mu \mathop{S_m}_1^\mu (a_{m\,m'}\,\psi_{m'}\,\partial\psi_m)$$

und schliesslich

$$4)\quad \partial\mathfrak{M}_2 = 2\mathop{S_m}_1^\mu \partial\psi_m \left[\mathop{S_{m'}}_1^\mu (a_{m\,m'}\,\psi_{m'}) + \mathop{S_p}_1^\nu (s_p\,b_{p\,m}) - s\,\psi_m\right] = 0.$$

Die vorstehende Gleichung zerfällt wegen der nun als willkürlich anzusehenden $\partial\psi_1\,\partial\psi_2\ldots\partial\psi_\mu$ in μ Gleichungen, welche man aus 4) durch Specialisirung der Werthe von $m = 1, 2, 3\ldots\mu$ erhält.

$$5)\quad \begin{aligned} a_{11}\psi_1 + a_{12}\psi_2 + \ldots + a_{1\mu}\psi_\mu + b_{11}s_1 + b_{21}s_2 + \ldots + b_{\nu 1}s_\nu &= s\psi_1 \\ a_{21}\psi_1 + a_{22}\psi_2 + \ldots + a_{2\mu}\psi_\mu + b_{12}s_1 + b_{22}s_2 + \ldots + b_{\nu 2}s_\nu &= s\psi_2 \\ \vdots \qquad\qquad & \\ a_{\mu 1}\psi_1 + a_{\mu 2}\psi_2 + \ldots + a_{\mu\mu}\psi_\mu + b_{1\mu}s_1 + b_{2\mu}s_2 + \ldots + b_{\nu\mu}s_\nu &= s\psi_\mu \end{aligned}$$

An diese Gleichungen schliessen sich noch die Bedingungsgleichungen 24), 31), §. 2 an:

$$6)\quad \begin{aligned} b_{11}\psi_1 + b_{12}\psi_2 + \ldots + b_{1\mu}\psi_\mu &= 0 \\ b_{21}\psi_1 + b_{21}\psi_2 + \ldots + b_{2\mu}\psi_\mu &= 0 \\ \vdots \qquad & \\ b_{\nu 1}\psi_1 + b_{\nu 2}\psi_2 + \ldots + b_{\nu\mu}\psi_\mu &= 0 \end{aligned}$$

$$7)\quad \psi_1^2 + \psi_2^2 + \psi_3^2 + \ldots + \psi_\mu^2 = \theta^2$$

Multiplicirt man die Gleichungen 5) der Reihe nach mit $\psi_1, \psi_2, \ldots \psi_\mu$, so erhält man durch Summirung der so multiplicirten Gleichungen mit Rücksicht auf 6) und 1), und unter Andeutung der Hauptwerthe von M_2 mit dem Symbol (M_2)

$$8)\quad \mathop{S_m}_1^\mu \mathop{S_{m'}}_1^\mu (a_{m\,m'}\,\psi_m\,\psi_{m'}) = s\,\theta^2 = (M_2).$$

Setzt man ganz allgemein $(a_{m\,m} - s) = a'_{m\,m}$, so erhält man aus 5) und 6) die Bestimmung der Grössen: $\psi_1, \psi_2, \ldots \psi_\mu, s_1, s_2, \ldots s_\nu$ in folgender Form:

$$9)\quad \psi_1 = \frac{0}{\triangle_s},\ \psi_2 = \frac{0}{\triangle_s}, \ldots \psi_\mu = \frac{0}{\triangle_s},\ s_1 = \frac{0}{\triangle_s},\ s_2 = \frac{0}{\triangle_s}, \ldots s_\nu = \frac{0}{\triangle_s},$$

wo

$$\Delta_s = \begin{vmatrix} a'_{11}, & a_{12}, & a_{13}, \ldots & a_{1\mu}, & b_{11}, & b_{21}, \ldots & b_{\nu 1} \\ a_{21}, & a'_{22}, & a_{23}, \ldots & a_{2\mu}, & b_{12}, & b_{22}, \ldots & b_{\nu 2} \\ \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots \\ a_{\mu 1}, & a_{\mu 2}, & a_{\mu 3}, \ldots & a'_{\mu\mu}, & b_{1\mu}, & b_{2\mu}, \ldots & b_{\nu\mu} \\ b_{11}, & b_{12}, & b_{13} \ldots & b_{1\mu}, & 0, & 0, & 0 \\ b_{21}, & b_{22}, & b_{23}, \ldots & b_{2\mu}, & 0, & 0, & 0 \\ \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots \\ b_{\nu 1}, & b_{\nu 2}, & b_{\nu 3}, \ldots & b_{\nu\mu}, & 0, & 0, & 0 \end{vmatrix} \qquad 10)$$

Wegen 7) können die Grössen $\psi_1, \psi_2, \ldots \psi_\mu$ nicht gleichzeitig identisch verschwinden, und demgemäss muss das in ∇_s enthaltene s so gewählt werden, damit $\nabla_s = 0$ werde, und in Folge dessen die Bestimmungen 9) die unbestimmte Form $\frac{0}{0}$ annehmen.

Wenn man die Determinante ∇_s nach den Potenzen von s ordnet, so kann man die Gleichung $\nabla_s = 0$ in folgender Form schreiben:

$$\nabla_s = A_{\mu-\nu} s^{\mu-\nu} + A_{\mu-\nu-1} s_{\mu-\nu-1} + \ldots + A_2 \mu^2 + A_1 \mu^1 + A_0 = 0 \qquad 11)$$

wo sich die mit A bezeichneten Coëfficienten als reine Functionen von $x_1, x_2, \ldots x_r$ oder auch als Functionen von $\alpha_1, \alpha_2, \alpha_3, \ldots \alpha_r$ darstellen lassen, und unter oben erwähnten Bedingungen im Bereiche der zulässigen Veränderlichkeit als stetige und endliche Grössen zu betrachten sind.

Aus der Gestalt der Determinante ∇_s erschliesst man zur Bestimmung der Eckcoëfficienten A_0 und $A_{\mu-\nu}$ in 11) die Relationen:

$$A_{\mu-\nu} = (-1)^q \left[B_1^2 + B_2^2 + \ldots + B_\tau^2\right], \quad q = \binom{\mu+\nu+1}{2}, \quad \tau = \binom{\mu}{\nu} \qquad 12)$$

$$A_0 = \Delta_0,$$

wo $B_1, B_2 \ldots B_\tau$ die Partialdeterminannten vorstellen, welche aus 6) jedesmahl entstehen, wenn man auf alle möglichen Weisen ν Grössen aus dem Systeme $\psi_1, \psi_2 \ldots \psi_\mu$ heraushebt, und durch die übrigen ausdrückt. Insoferne nun die Gleichungen 6) in sich keinen Wiederspruch beherbergen, ist die Existenz des Coëfficienten $A_{\mu-\nu}$ und sein constantes Vorzeichen $(-1)^q$ verbürgt.

Der Fall $\nabla_0 = 0$ deutet auf einen oder mehrere identisch verschwindende der Gleichung 11) genügende s-Werthe, und führt zu solchen Systemen von ψ Werthen, welche ein identisches Verschwinden von M_2 herbeiführen. Die entsprechenden Nachbarwerthe werden demnach in der zweiten Variation $\partial^2 \mathfrak{S}$ sich gar nicht abspiegeln und mögen **zweifelhafte Nachbarwerthe** heissen. Sie erheischen einer besonderen Untersuchung nur in denjenigen Fällen, wenn die übrigen identisch nicht verschwindenden Wurzeln in 11) ein stabiles, gemeinschaftliche Vorzeichen beurkunden. Das nähere Eingehen in die Betrachtung solcher Fälle behalte ich mir für die nächte Abhandlung vor, und begnüge mich hier mit der Aufstellung derjenigen Kriterien, welche im Fall $\nabla_0 \gtrless 0$ über den Zustand des vorgelegten Integrals entscheiden.

Die aus 11) gezogenen $\mu-\nu$ Wurzeln liefern geradezu diejenigen Werthe von $s\,\delta^2$, welche mit Rücksicht auf 8) das vollständige System der Hauptwerthe von M_2 bilden.

Um über die Natur der Hauptwerthe (M_2) näheren Aufschluss zu erlangen, denken wir uns zwei Werthsysteme:

$$[\psi_1, \psi_2, \psi_3, \ldots \psi_\mu, \; s_1, s_2, s_3, \ldots s_\nu]_1, \quad [\psi'_1, \psi'_2, \psi'_3, \ldots \psi'_\mu, \; s'_1, s'_2, \ldots s'_\nu]_2$$

welche zwei verschiedenen Wurzeln s und s' der Gleichung 11) entsprechen, und natürlicher Weise den Gleichungen 5), 6), 7) genügen. Demgemäss können wir die Gleichung 5), 6), 7) in Bezug auf das zweite Werthsystem und mit Rücksicht auf die Eigenschaft $a_{m\,m'} = a_{m'\,m}$ in folgender Form aufschreiben:

$$
13)\quad
\begin{array}{c|l}
\psi_1 & a_{11}\psi'_1 + a_{21}\psi'_2 + \ldots + a_{\mu 1}\psi'_\mu + b_{11}s'_1 + b_{21}s'_2 + \ldots + b_{\nu 1}s'_\nu = s'\psi'_1 \\
\psi_2 & a_{12}\psi'_1 + a_{22}\psi'_2 + \ldots + a_{\mu 2}\psi'_\mu + b_{12}s'_1 + b_{22}s'_2 + \ldots + b_{\nu 2}s'_\nu = s'\psi'_2 \\
\cdot & \quad\cdot \qquad\quad \cdot \qquad\qquad\quad \cdot \qquad\quad \cdot \qquad\quad \cdot \qquad\qquad \cdot \qquad\quad \cdot \\
\psi_\mu & a_{1\mu}\psi'_1 + a_{2\mu}\psi'_2 + \ldots + a_{\mu\mu}\psi'_\mu + b_{1\mu}s'_1 + b_{2\mu}s'_2 + \ldots + b_{\nu\mu}s'_\nu = s'\psi'_\mu \\
s_1 & b_{11}\psi'_1 + b_{12}\psi'_2 + \ldots + b_{1\mu}\psi'_\mu + \;0\; + \;0\; + \ldots + \;0\; = 0 \\
s_2 & b_{21}\psi'_1 + b_{22}\psi'_2 + \ldots + b_{2\mu}\psi'_\mu + \;0\; + \;0\; + \ldots + \;0\; = 0 \\
\cdot & \quad\cdot \qquad\quad \cdot \qquad\qquad\quad \cdot \qquad\quad \cdot \qquad\quad \cdot \qquad\qquad \cdot \\
s_\nu & b_{\nu 1}\psi'_1 + b_{\nu 2}\psi'_2 + \ldots + b_{\nu\mu}\psi'_\mu + \;0\; + \;0\; + \ldots + \;0\; = 0
\end{array}
$$

Wenn man die Gleichungen 13) je mit den links exponirten Factoren multiplicirt, und dann zusammenaddirt, die Summengleichung nach Verticalreihen anordnet, und die Verticalcolumnen nach 5) und 6) bestimmt, so erhält man:

$$s\psi_1 . \psi'_1 + s\psi_2 . \psi'_2 + \ldots + s\psi_\mu . \psi'_\mu = s' . \psi_1\psi'_1 + s' . \psi_2\psi'_2 + \ldots + s' . \psi_\mu\psi'_\mu$$

oder

$$14)\qquad (s-s')\,(\psi_1\psi'_1 + \psi_2\psi'_2 + \ldots + \psi_\mu\psi'_\mu) = 0$$

Die Gleichung 11) als mit reellen Coëfficienten versehen, verträgt complexe Wurzeln nur in Form von conjugirten Wurzelpaaren etwa:

$$s = p + iq\,,\quad s' = p - iq\,,$$

und demgemäss müsste ganz allgemein sein:

$$\psi_m = p_m + iq_m\,,\quad \psi'_m = p_m - iq_m\,,\quad \psi_m\psi'_m = p_m^2 + q_m^2,$$

und im Gefolge dessen würde man aus 14) erhalten:

$$2iq\,[p_1^2 + p_2^2 + \ldots + p_\mu^2 + q_1^2 + q_2^2 + \ldots + q_\mu] = 0\,,$$

hiemit wegen $q \gtrless 0$ die der Bedingung 7) geradezu widersprechende Relation:

$$p_1 = p_2 = \ldots = p_\mu = q_1 = q_2 = \ldots = q_\mu = \psi_1 = \psi_2 = \ldots = \psi_\mu = 0\,,$$

welchem Widerspruch nur durch Satzungen begegnet werden kann:

15)
1. Alle Wurzeln der Gleichung 11) sind reelle Functionen von $x_1, x_2, \ldots x_r$;
2. alle Hauptwerthe von M_2 sind reelle Functionen von $x_1, x_2, \ldots x_r$;

und im Gefolge dessen sind

16) 3. die Hauptwerthe von M_2 im Bereiche des vorgeschriebenen Intervalls stabil positiv oder stabil negativ, je nachdem die Coëfficientengruppe in 11) in demselben Bereiche eine stabile Anzahl von $\mu-\nu$ Zeichenwechseln, oder von $\mu-\nu$ Zeichenfolgen darbietet. Im ersten Falle ist M_2 selbst im Bereiche der zulässigen Veränderlichkeit von $\psi_1, \psi_2, \ldots \psi_\mu$ stabil positiv, im zweiten dagegen stabil negativ. Sonst ist M_2 fähig, positive und negative Vorzeichen anzunehmen.

Das Integral 21), §. 2 lässt sich auch so schreiben:

$$17)\qquad \delta^2\mathfrak{S} = \frac{1}{2}\,\rho^2 \int^{(r)} dx_r\, dx_{r-1} \ldots dx_2\, dx_1\; \varepsilon^2 M_2\,,$$

und wird

4. mit Rücksicht auf die Bildung der einzelnen Summirungselemente im Bereiche der zulässigen Veränderlichkeit stabil positiv, wenn das stabile Vorzeichen der Werthe von M_2 mit dem stabilen Vorzeichen des Productes $\mathfrak{p} = \Delta_1 \Delta_2 \Delta_3 \ldots \Delta_r$ übereinstimmt.

5. Das Integral $\delta^2 \mathfrak{S}$ wird in demselben Bereiche stabil negativ, wenn das stabile Vorzeichen von M mit dem stabilen Vorzeichen von $\mathfrak{p}$ nicht übereinstimmt.

6. Das Integral $\delta^2 \mathfrak{S}$ erfreut sich in diesem Bereiche keines stabilen Vorzeichens, wenn nicht schon M in diesem Bereiche die Stabilität des Vorzeichens beurkundet. In diesem Falle erscheint das Integral $\delta^2 \mathfrak{S}$ aus verschieden bezeichneten Elementen zusammengesetzt, und zwar in Folge der zulässigen Willkürlichkeit von $\psi_1, \psi_2 \ldots \psi_\mu$ bald vorherrschend aus positiven, bald vorherrschend aus negativen Elementen. Das Integral $\delta^2 \mathfrak{S}$ erscheint in diesem Falle gleich fähig, eben so gut positive als auch negative Vorzeichen anzunehmen, und besagt, dass in diesem Falle das vorgelegte Integral $S = \mathfrak{S}$ sich weder im Maximum noch im Minimum befinde.

Demnach wird ein auf Grundlage der Werthe 30) und 31), §. 1 berechneter Hauptwerth von $S = \mathfrak{S}$

im Fall 4. ein Minimalwerth,

„ „ 5. ein Maximalwerth sein, — und wird endlich

„ „ 6. keinen dieser Zustände beurkunden.

Die Untersuchung über die Zeichenfestigkeit der Functionen, welche den eben ausgesprochenen Kriterien zu Grunde liegt, erheischt in der Regel keines geringen Aufwandes von Zeit und Mühe — und es dürfte nicht überflüssig sein, in Bezug auf die zu beobachtende Reihenfolge der hiebei vorzunehmenden Operationen einige Bemerkungen vorzuführen, dies namentlich in denjenigen Fällen, wo man, mit Hintansetzung aller weiteren Operationen, schon auf Grundlage gewisser im Zuge der Untersuchung zu Tage tretender Indicien mit Sicherheit schliessen kann, dass weder ein Maximum noch ein Minimum stattfindet. Zu diesem Zwecke sei uns gestattet, folgende Grundsätze auszusprechen:

1. Hat man mehrere Functionen über ihre Zeichenfestigkeit zu untersuchen, so thue man dies, in der Weise, dass man hiebei von der minder complicirten zur complicirteren fortschreitet;

2. Unter Beobachtung dieses Gesetzes untersuche man die Functionen $\Delta_2, \Delta_3 \ldots \Delta_2$ jede insbesondere, bis man zur Überzeugung gelangt, dass dem Producte $\Delta_1\ \Delta_2 \ldots \Delta_3$ ein stabiles Vorzeichen angehört oder nicht. Ein eventuell sich ergebendes stabile Vorzeichen $\mathfrak{z}_\mathfrak{p}$ dieses Productes berechtigt uns eine ähnliche Untersuchung auch auf die Coëfficienten der Kriteriengleichung auszudehnen und in folgender Weise einzuleiten.

3. Man theile die Coëfficienten der Kriteriengleichung in zwei Partien

$$P_1 = (A_1, A_3, A_5, \ldots),\ P_2 = (A_0, A_2, A_4, \ldots)$$

ab, und nehme zuerst diejenige Partie vor, in welcher der stabilbezeichnete Coëfficient $A_{\mu-\nu}$ vorkommt. Nach 1. vorgehend, ist man berechtigt, jedesmal die weitere Untersuchung abzubrechen, sobald man bei irgend einem Coëfficienten für sich, die Nichtstabilität seines Vorzeichens constatirt hat; und auch dann, wenn man zur Überzeugung gelangt, dass die derselben Parthie angehörenden Coëfficienten sich nicht eines gemeinschaftlichen stabilen Vorzeichens erfreuen. Die gewonnene Überzeugung, dass etwa $\mathfrak{z}_1$ als stabiles Vorzeichen der Coëfficientengruppe P_1 und $\mathfrak{z}_2$ als stabiles Vorzeichen der Coëfficientengruppe P_2 angehört, deutet auf ein Maximum oder Minimum hin, je nachdem das Product $\mathfrak{z}_1 \mathfrak{z}_2 \mathfrak{z}_\mathfrak{p}$ sich positiv oder negativ gestaltet.

4. Beim Vorkommen identisch verschwindender Coëfficienten in der Kriteriengleichung findet kein Maximum noch Minimum statt, wenn die identisch verschwindenden Coëfficienten nicht eine ununterbrochene

Aufeinanderfolge von Endcoëfficienten der Kriteriengleichung bilden, und auch dann nicht, wenn bei verschwindenden Endcoëfficienten irgend einer von den Gruppen P_1 oder P_2 ein stabiles gemeinschaftliche Vorzeichen abgeht.

5. Wenn bei identischem Verschwinden ausschliesslich blos von Endcoëfficienten die Gruppen P_1 und P_2 in Bezug auf die übrigen Coëfficienten je ein stabiles gemeinschaftliche Vorzeichen besitzen, so schliessen wir auf die Existenz von zweifelhaften Nachbarwerthen, und können erst durch Beiziehung höherer Variationen von $\mathfrak{S}$ über den Zustand des vorgelegten Integrals endgiltig entscheiden.

6. Um die Gebietsausdehnung der Nachbarwerthe zu erfahren, innerhalb dessen ein als Maximum oder Minimum erkannter Werth in dieser Eigenschaft vorherrscht, wäre es nothwendig, das möglichst kleine n zu ermitteln, welches zur Bildung des Osculationsfactors und dann zur Berechnung des vollständigen Ausdruckes $\delta^2\mathfrak{S}$ verwendet, das bereits erkannte Vorzeichen von $\delta^2\mathfrak{S}$ nicht alterirt. Bei derartig bestimmten n bildet dann der Ausdruck $\frac{1}{n}$ das natürliche Mass der erwähnten Gebietsausdehnung.

BEITRÄGE

ZUR

BILDUNG DER SYMMETRISCHEN FUNCTIONEN DER WURZELSYSTEME

UND DER

RESULTANTE SIMULTANER GLEICHUNGEN.

VON

DR. GUSTAV VON ESCHERICH.

VORGELEGT IN DER SITZUNG DER MATHEMATISCH-NATURWISSENSCHAFTLICHEN CLASSE AM 27. JÄNNER 1876.

Zur Berechnung der einfachsten symmetrischen Functionen der Wurzeln einer Gleichung besteht eine ziemlich grosse Anzahl Methoden. Die älteste und bekannteste derselben drückt mittelst einer allgemeinen von Waring herrührenden Formel zuerst die angegebene Function durch die Potenzsummen der Wurzeln aus, und dann jede dieser Potenzsummen vermöge der Newton'schen Relationen durch die Coëfficienten der Gleichung. Diese Methode leidet an mehreren, theils theoretischen, theils praktischen Gebrechen, von deren letzteren das hauptsächlichste ist, dass sie viele Glieder in die Rechnung aufzunehmen und fortzuschleppen zwingt, die sich schliesslich im Endresultate vernichten. Es hat deshalb Waring in seinen „Meditationes algebraicae" eine neue Methode aufgestellt, die Glied für Glied aus der vorgelegten symmetrischen Function eliminiren lehrt. Dieses Verfahren, das auch Gauss in der „Demonstratio nova altera" angibt, besitzt vor der älteren Methode allerdings den Vortheil, klar zu zeigen, dass jede symmetrische Function der Wurzeln eine ganze und ganzzahlige Function der Coëfficienten der Gleichung ist: es erfordert aber nicht minder langwierige Rechnungen. Auch die theoretisch so elegante Methode Cauchy's, der Reihe nach die einzelnen Wurzeln der Gleichung aus der gegebenen symmetrischen Function zu eliminiren, beansprucht zu ihrer Ausführung oft mühselige Rechnungen. Durch grosse Einfachheit zeichnet sich hingegen das von Abel Transon[1] angegebene Verfahren aus, das sich noch durch die von ihm gefundenen Sätze über den Grad und das Gewicht einer symmetrischen Function erheblich vereinfacht. Diese Sätze haben auch zu einer anderen höchst compendiösen Berechnungsweise der symmetrischen Functionen geführt. Sie ermöglichen es nämlich, die litterale Form der symmetrischen Function aufzustellen. Die noch unbekannten Coëfficienten derselben werden mittelst eines Systems linearer Gleichungen bestimmt, das man erhält, entweder, indem man in die litterale Form die Wurzeln und Coëfficienten zweckmässig gebildeter Gleichungen substituirt,

[1] Nouvelles annales des mathématiques, t. IX.

oder durch eine von Brioschi[1] aufgestellte Differentialformel für Functionen aus den Coëfficienten einer Gleichung. Auf einem ganz neuen Principe beruht die von Borchardt[2] angegebene Methode. Er stellt nämlich eine erzeugende Function auf, aus deren Entwicklung alle einfachsten Typen der symmetrischen Functionen hervorgehen, und bestimmt dann dieselbe durch die Coëfficienten der gegebenen Gleichung.

Von diesen Methoden wurde zuerst die älteste durch Poisson für ein System simultaner Gleichungen erweitert. Diese Methode ist aber wegen der ungeheuren Rechnungen, die sie erfordert, fast praktisch unausführbar. Mit derselben nahezu identisch ist auch das von Schlaefli[3] angegebene Verfahren zur Bestimmung der symmetrischen Functionen. Der wichtige Satz über den Grad des Zählers und Nenners einer symmetrischen Function, den Schlaefli bei dieser Gelegenheit aufstellte, erhielt seine Ergänzung durch eine merkwürdige Abhandlung Betti's[4], in welcher derselbe Formeln entwickelte um die symmetrischen Functionen direct durch die Coëfficienten der Gleichungen auszudrücken, ferner Sätze über den Grad, das totale Gewicht und die partialen Gewichte[5] des Zählers der symmetrischen Function und auch den Nenner derselben finden lehrte. Diese Sätze besitzen aber keineswegs mehr die grosse Verwendbarkeit, wie die analogen bei den Gleichungen mit einer Unbekannten. Sie vermögen allerdings die litterale Form des Zählers der symmetrischen Function festzustellen, und wäre daher noch der Nenner berechnet, so liesse sich in ähnlicher Weise, wie bei den Gleichungen mit einer Unbekannten die ganze Function bestimmen. Aber abgesehen davon, dass jetzt eine ziemlich grosse Anzahl linearer Gleichungen zur Bestimmung der Coëfficienten der litteralen Form erforderlich, also eine eben so grosse Anzahl Systeme simultaner Gleichungen mit angenommenen simultanen Wurzelsystemen zu bilden wäre, lassen sich diese nicht mehr mit derselben Leichtigkeit herstellen, wie eine Gleichung aus gegebenen Wurzeln.

Wegen der Schwierigkeiten, welche der Ausführung all' dieser Methoden entgegenstehen, habe ich versucht, ob sich nicht die Methoden Cauchy's und Abel Transon's verallgemeinern lassen und auch einfachere Methoden ergeben. Meine Bemühungen führten mich auf ein Verfahren, welches in den folgenden Blättern dargelegt werden soll. Dasselbe eignet sich zur Berechnung jedweder gegebenen symmetrischen Function, lässt aber bei den einfachsten Typen derselben in Folge der Sätze Betti's eine besondere Kürzung zu. Die Beschaffenheit dieses Verfahrens liess auch erkennen, dass mittelst desselben die logarithmische Berechnungsweise der Resultante, die Lagrange[6] für zwei simultane Gleichungen anwandte, für ein beliebiges Gleichungssystem sich relativ einfach gestaltet. Ganz ungesucht führte die Entwicklung dieses Verfahrens auch zu einer Verallgemeinerung der Methode Borchardt's.

Das ganze Verfahren beruht hauptsächlich auf den Eigenschaften einer gewissen Function, die, wie ich erst nach Beendigung meiner Untersuchungen zufällig ersah, schon von Jacobi[7] für den Fall zweier simultanen Gleichungen zur Berechnung der Potenzsummen ihrer Wurzeln benützt wurde. Jacobi hat jedoch, da seine Abhandlung mehr auf die Verallgemeinerung einer äusserst wichtigen Formel abzielte, sein Verfahren zur Berechnung der Potenzsummen nicht weiter ausgebildet. Auch diese Formel in aller Allgemeinheit[8], die später Liouville[9] aus einer Relation — die er mittelst seiner Eliminationsmethode gewann, und die er für allgemeiner als die Jacobi'sche hielt — durch einen Übergang von $(n+1)$ zu n Dimensionen ableitete, ergibt sich im Folgenden ganz von selbst. Es zeigt sich aber, dass in dieser Jacobi'schen Formel die von Liou-

---

[1] Annali di Tortolini, t. V.

[2] Crelle's Journal, Bd. 53.

[3] Denkschriften d. kais. Akad. d. Wiss. in Wien, Bd. IV.

[4] Annali di Matematica, t. I. Sopra le funzione simmetriche etc.

[5] Diese Sätze lassen sich auch ohne Benützung der Abhandlung Betti's in derselben Weise darthun, in welcher Salmon (Lesson introductory etc. Deutsche Ausgabe, p. 65) die Sätze über den Grad und das Gewicht einer Resultante von drei homogenen Gleichungen beweist.

[6] Sur l'élimination des inconnues etc. Oeuvres 3.

[7] Crelle's Journal, Bd. 14. Theoremata nova etc.

[8] Dass Jacobi die Allgemeinheit seiner Formel kannte, geht aus seiner Abhandlung über das Cramer'sche Paradoxon hervor: Theoremata de punctis etc. (Crelle's Journal, Bd. 15).

[9] Journal de Mathématiques, Sér. I, t. IV.

ville angegebene, vermeintlich allgemeinere, als ganz specieller Fall enthalten ist. Aus dieser Liouville'schen lassen sich ferner durch passende Specialisirungen alle Formeln gewinnen, die derselbe durch sein Eliminationsverfahren ableitete.

I.

Die folgenden Betrachtungen beruhen auf einer Bemerkung, die unmittelbar aus der Entwicklung einer Function $F(x, y, z\ldots)$ der Veränderlichen $x, y, z\ldots$ nach der Mac-Laurin'schen Reihe fliesst. Ist nämlich $F(x, y, z\ldots)$ eine ganze, rationale Function der $x, y, z\ldots$, so sind in der Entwicklung des Quotienten:

$$\frac{F(x, y, z\ldots)}{(x-a)(y-b)(z-c)\ldots}$$

nach fallenden Potenzen der $x, y, z\ldots$ die Coëfficienten, welche Producten aus negativen Potenzen sämmtlicher Variablen angehören, gleich den Ausdrücken, welche in der Entwicklung von:

$$\frac{F(a, b, c\ldots)}{(x-a)(y-b)(z-c)\ldots}$$

nach fallenden Potenzen der $x, y, z\ldots$ mit denselben Potenzen der Variablen behaftet sind; insbesondere ist der Coëfficient der negativen ersten Potenz des Productes sämmtlicher Variablen in $\frac{F(x, y, z\ldots)}{(x-a)(y-b)(z-c)\ldots}$ gleich

$$F(a, b, c\ldots).$$

II.

Es seien n Gleichungen:

$$f_1(x_1, x_2\ldots x_n)=0\,, \quad f_2(x_1, x_2\ldots x_n)=0\;\ldots\; f_3(x_1, x_2\ldots x_n)=0$$

mit den Unbekannten $x_1, x_2\ldots x_n$ gegeben.

Die Endgleichungen $F_1(x_1)$, $F_2(x_2)\ldots F_n(x_n)$ nach $x_1, x_2\ldots x_n$ seien vom Grade μ und besässen bezüglich die Wurzeln:

$$\begin{matrix} \alpha_1^1, & \alpha_1^2\ldots\alpha_1^\mu \\ \alpha_2^1, & \alpha_2^2\ldots\alpha_2^\mu \\ \cdot\;\cdot\;\cdot & \\ \cdot\;\cdot\;\cdot & \\ \alpha_n^1, & \alpha_n^2\ldots\alpha_n^\mu \end{matrix} \qquad 1)$$

wo die in derselben Colonne stehenden Wurzeln Systeme simultaner Wurzeln der vorgelegten Gleichungen vorstellen.

Um nun die Bemerkung in (I.) zur Berechnung der symmetrischen Functionen der Wurzelsysteme verwerthen zu können, ist es zuvörderst nothwendig, eine Summe von der Form:

$$\sum_{k=1}^{\mu}\frac{1}{\varphi(\alpha_1^k, \alpha_2^k\ldots\alpha_n^k)(x-\alpha_1^k)(x_2-\alpha_2^k)(x_n-\alpha_n^k)}, \qquad 2)$$

in der $\varphi(\alpha_1^k, \alpha_2^k\ldots\alpha_n^k)$ eine ganze, rationale Function der $\alpha_1^k, \alpha_2^k\ldots\alpha_n^k$ sein muss, — die sich auf eine Constante reduciren kann — und eine sie erzeugende Function, welche keine Wurzeln der vorgelegten Gleichungen in ihren Coëfficienten enthält, aufzufinden.

Diese Aufgabe bietet keine grossen Schwierigkeiten, denn der blosse Anblick der Summe 2) erinnert an die Zerlegung einer echt gebrochenen algebraischen Function in Partialbrüche, und führt also auf den Gedanken, die Lösung der Aufgabe auf diesem Wege zu versuchen.

Ist nun $\Phi(x_1, x_2 \dots x_n)$ eine ganze rationale Function, die nach keiner ihrer Veränderlichen $x_1, x_2 \dots x_n$ den $(\mu-1)$ten Grad übersteigt, so ist:

$$\frac{\Phi(x_1, x_2 \dots x_n)}{F_1(x_1) F_2(x_2) \dots F_n(x_n)} = \sum_{r_1, r_2 \dots r_n} \frac{\Phi(\alpha_1^{r_1}, \alpha_2^{r_2} \dots \alpha_n^{r_n})}{F_1'(\alpha_1^{r_1}) F_2'(\alpha_2^{r_2}) \dots F_n'(\alpha_n^{r_n})(x_1-\alpha_1^{r_1})(x_2-\alpha_2^{r_2}) \dots (x_n-\alpha_n^{r_n})},$$

wo die Indices r alle Werthe von 1 bis μ annehmen. Soll daher die gestellte Aufgabe lösbar sein, so muss sich eine ganze, rationale Function $\Phi(x_1, x_2 \dots x_n)$ finden lassen, die nach keiner der Variablen $x_1, x_2 \dots x_n$ den μten Grad erreicht, und von den Eigenschaften, dass:

1. $\Phi(\alpha_1^{r_1}, \alpha_2^{r_2} \dots \alpha_n^{r_n})$ verschwindet, wenn nicht alle Indices r einander gleich sind;
2. $\dfrac{F_1'(\alpha_1^{r_1}) F_2'(\alpha_2^{r_2}) \dots F_n'(\alpha_n^{r_n})}{\Phi(\alpha_1^{r_1}, \alpha_2^{r_2} \dots \alpha_n^{r_n})}$ für $r_1 = r_2 = \dots r_n$ einer ganzen Function der α gleich wird.

Ich will nun eine Function, welche die erste der angegebenen Eigenschaften besitzt, suchen, und es wird sich zeigen, dass derselben auch die zweite zukommt.

Nach dieser Eigenschaft der Function Φ muss jedes der Producte:

$$\Phi f_1, \; \Phi f_2 \dots \Phi f_n$$

für die Substitution irgend welcher n Wurzeln, die verschiedenen Zeiten von 1) entnommen sind, verschwinden. Diesen Producten kann man daher die Form geben:

$$\begin{aligned}
\Phi f_1 &= a_1^1 F_1 + a_1^2 F_2 + \dots + a_1^n F_n \\
\Phi f_2 &= a_2^1 F_1 + a_2^2 F_2 + \dots + a_2^n F_n \\
&\dots \\
&\dots \\
\Phi f_n &= a_n^1 F_1 + a_n^2 F_2 + \dots + a_n^n F_n,
\end{aligned}$$

wo man offenbar die a als ganze Functionen der $x_1, x_2 \dots x_n$ annehmen darf.

Nun bestehen bekanntlich Systeme ganzer Functionen m, welche die Relationen erfüllen:

$$\begin{aligned}
F_1 &= m_1^1 f_1 + m_2^1 f_2 + \dots + m_n^1 f_n \\
F_2 &= m_1^2 f_1 + m_2^2 f_2 + \dots + m_n^2 f_n \\
&\dots \\
&\dots \\
F_n &= m_1^n f_1 + m_2^n f_2 + \dots + m_n^n f_n.
\end{aligned}$$

Bezeichnen daher die m die einfachsten Multiplicatoren, so ist die Function

$$\Phi = \Sigma \pm m_1^1 m_2^2 \dots m_n^n,$$

welche nach keiner der Veränderlichen $x_1, x_2 \dots x_n$ den $(\mu-1)$ten Grad übersteigt, die einfachste Function, welche der gestellten Bedingung Genüge leistet.

Diese Function ist dieselbe, welche schon Jacobi für den Fall zweier simultanen Gleichungen aufstellte, und von welcher er sodann die oben genannten Eigenschaften nachwies.

Dass der Function $\Phi = \Sigma \pm m_1^1 m_2^2 \dots m_n^n$ auch die zweite der geforderten Eigenschaften zukommt, und zwar, dass $\dfrac{F_1'(x_1) F_2'(x_2) \dots F_n'(x_n)}{\Phi(x_1, x_2 \dots x_n)}$ für die Substitution eines Systems simultaner Wurzeln denselben Werth annimmt, welchen die Functional-Determinante der vorgelegten Gleichungen $\Sigma \pm \dfrac{\partial f_1}{\partial x_1} \dfrac{\partial f_2}{\partial x_2} \dots \dfrac{\partial f_n}{\partial x_n}$ für die Substitution desselben Systems erhält, ergibt sich aus ganz denselben Betrachtungen, welche Jacobi für den Fall zweier Gleichungen in der erwähnten Abhandlung durchgeführt hat.

Die gefundene Function $\Sigma \pm m_1^1 m_2^2 \dots m_n^n$ genügt somit allen gestellten Bedingungen.

Bezeichnet man daher mit $D(x_1, x_2 \dots x_n)$ die Functional-Determinante $\Sigma \pm \frac{\partial f_1}{\partial x_1} \frac{\partial f_2}{\partial x_2} \cdots \frac{\partial f_n}{\partial x_n}$ und mit $\Phi(x_1, x_2 \dots x_n)$ die Determinante $\Sigma \pm m_1^1 m_2^2 \dots m_n^n$, so ist:

$$\frac{\Phi(x_1, x_2 \dots x_n)}{F_1(x_1) F_2(x_2) \dots F_n(x_n)} = \sum_{k=1}^{\mu} \frac{1}{D(\alpha_1^k, \alpha_2^k \dots \alpha_n^k)(x_1 - \alpha_n^k)(x_2 - \alpha_n^k) \dots x_n - \alpha_n^k)} \qquad 3)$$

III.

Bleibt die Summe

$$\sum_{h_1, h_2 \dots h_\lambda} \Phi(\alpha_1^{h_1}, \alpha_2^{h_1} \dots \alpha_n^{h_1}; \alpha_1^{h_2}, \alpha_2^{h_2} \dots \alpha_n^{h_2}; \dots \alpha_1^{h_\lambda}, \alpha_2^{h_\lambda} \dots \alpha_n^{h_\lambda}),$$

in welcher

$$\Psi(\alpha_1^{h_1}, \alpha_2^{h_1} \dots \alpha_n^{h_1}; \alpha_1^{h_2}, \alpha_2^{h_2} \dots \alpha_n^{h_2}; \dots \alpha_1^{h_\lambda}, \alpha_2^{h_\lambda} \dots \alpha_n^{h_\lambda})$$

eine ganze, rationale Function der $\alpha_1^{h_1}, \alpha_2^{h} \dots \alpha_n^{h_\lambda}$ bezeichnet, und in der die Indices alle von einander verschiedenen Werthe der Reihe 1 bis μ annehmen, für alle möglichen Vertauschungen der sämmtlichen simultanen Wurzelsysteme der vorgelegten Gleichungen unverändert, so soll diese Summe eine λ-förmige symmetrische Function der simultanen Wurzelsysteme genannt werden.

Um nun die einförmige, symmetrische Function $\sum_{h=1}^{\mu} \Psi(\alpha_1^h, \alpha_2^h \dots \alpha_n^h)$ durch die Coëfficienten der Gleichungen auszudrücken, wird man in der Entwicklung von

$$\frac{\Psi(x_1, x_2 \dots x_n) \Phi(x_1, x_2 \dots x_n) D(x_1, x_2 \dots x_n)}{F_1(x_1) F_2(x_2) \dots F_n(x_n)}$$

nach fallenden Potenzen der x den Coëfficienten von $(x_1, x_2 \dots x_n)^{-1}$ aufsuchen. Dieser ist dann nach (I.) der gesuchten symmetrischen Function gleich.

Die mehrförmigen symmetrischen Functionen können durch eine fast augenfällige Modification dieses Verfahrens bestimmt werden.

Um z. B. die zweiförmige symmetrische Function $\sum_{h_1, h_2} \Psi(\alpha_1^{h_1}, \alpha_2^{h_1} \dots \alpha_n^{h_1}; \alpha_1^{h_2}, \alpha_2^{h} \dots \alpha_n^{h_2})$ zu berechnen, transformire man zuvörderst die Gleichung 3) dadurch, dass man ein Glied der Summe rechts, etwa das $h$te, von beiden Seiten der Gleichung subtrahirt; man erhält so:

$$\frac{\Phi(x_1, x_2 \dots x_n)}{F_1(x_1) F_2(x_2) \dots F_n(x_n)} - \frac{1}{D(\alpha_1^h, \alpha_2^h \dots \alpha_n^h)(x_1 - \alpha_1^h)(x_2 - \alpha_2^h) \dots (x - \alpha_n^h)}$$
$$= \sum_k \frac{1}{D(\alpha_1^k, \alpha_2^k \dots \alpha_n^k)(x_1 - \alpha_1^k)(x_2 - \alpha_2^k) \dots (x - \alpha_n^k)},$$

wo k alle Werthe der Reihe 1 bis μ mit Ausnahme von h annimmt. Multiplicirt man den Ausdruck links mit $\Psi(\alpha_1^h, \alpha_2^h \dots \alpha_n^h; x_1, x_2 \dots x_n) D(x_1, x_2 \dots x_n)$, und bezeichnet in der Entwicklung dieses Productes nach fallenden Potenzen der x den Coëfficienten von $(x_1, x_2 \dots x_n)^{-1}$, welcher eine Function der Wurzeln $\alpha_1^h, \alpha_2^h \dots \alpha_n^h$ sein wird, mit $\psi(\alpha_1^h, \alpha_2^h \dots \alpha_n^h)$, so ist nach (I):

$$\psi(\alpha_1^h, \alpha_2^h \dots \alpha_n^h) = \sum_k \Psi(\alpha_1^h, \alpha_2^h \dots \alpha_n^h; \alpha_1^k, \alpha_2^k \dots \alpha_n^k),$$

wo das k unter dem Summenzeichen alle Werthe von 1 bis μ mit Ausnahme von h annimmt. Daher ist der Coëfficient von $(x_1, x_1 \dots x_n)^{-1}$ in der Entwicklung des Ausdruckes:

$$\frac{\Phi(x_1, x_2 \dots x_n) D(x_1, x_2 \dots x_n) \psi(x_1, x_2 \dots x_n)}{F_1(x_1) F_2(x_2) \dots F_n(x_n)}$$

nach fallenden Potenzen der x gleich der gesuchten zweiförmigen symmetrischen Function.

Um die λ-förmige symmetrische Function

$$\sum_{h_1, h_2 \dots h_\lambda} \Psi(\alpha_1^{h_1}, \alpha_2^{h_1} \dots \alpha_n^{h_1}; \dots \alpha_1^{h_\lambda}, \alpha_2^{h_\lambda} \dots \alpha_n^{h_\lambda})$$

zu berechnen, subtrahire man von beiden Seiten der Gleichung 3) $(\lambda-1)$ z. B. die $(\lambda-1)$ ersten Glieder der Summe rechts; dadurch ergibt sich:

$$\frac{\Phi(x_1, x_2 \dots x_n)}{F_1(x_1) F_2(x_2) \dots F_n(x_n)} - \sum_{k=1}^{\lambda-1} \frac{1}{D(\alpha_1^k, \alpha_2^k \dots \alpha_n^k)(x_1-\alpha_1^k)(x_2-\alpha_2^k)\dots(x_n-\alpha_n^k)}$$

$$= \sum_{k=\lambda}^{\mu} \frac{1}{D(\alpha_1^k, \alpha_2^k \dots \alpha_n^k)(x_1-\alpha_1^k)\dots(x_n-\alpha_n^k)}.$$

Multiplicirt man in dieser Gleichung den Ausdruck links mit

$$\Psi(\alpha_1^1, \alpha_2^1 \dots \alpha_n^1; \dots \alpha_1^{\lambda-1}, \alpha_2^{\lambda-1} \dots \alpha_n^{\lambda-1}; x_1, x_2 \dots x_n) \; D(x_1, x_2 \dots x_n),$$

und bezeichnet in der Entwicklung des so gefundenen Productes nach fallenden Potenzen der x den Coëfficienten von $(x_1, x_2 \dots x_n)^{-1}$, welcher eine Function der Wurzeln $\alpha_1^1, \alpha_2^1 \dots \alpha_n^{\lambda-1}$ sein wird, mit $\psi(\alpha_1^1, \alpha_2^1 \dots \alpha_n^{\lambda-1})$, so ist nach (I.):

$$\psi(\alpha_1^1, \alpha_2^1 \dots \alpha_n^{\lambda-1}) = \sum_{h=\lambda}^{n} \Psi(\alpha_1^1, \alpha_2^1 \dots \alpha_n^1; \dots \alpha_1^{\lambda-1}, \alpha_2^{\lambda-1} \dots \alpha_n^{\lambda-1}; \alpha_1^h, \alpha_2^h \dots x_n^h)$$

Somit ist die $(\lambda-1)$förmige symmetrische Function:

$$\sum_{h_1, h_2 \dots h_{\lambda-1}} \psi(\alpha_1^{h_1}, \alpha_2^{h_1} \dots \alpha_n^{h_1}; \dots \alpha_1^{h_{\lambda-1}}, \alpha_2^{h_{\lambda-1}} \dots \alpha_n^{h_{\lambda-1}})$$

gleich der gegebenen λ-förmigen, also die Berechnung dieser auf die jener zurückgeführt.

IV.

Das angegebene Verfahren zur Berechnung der mehrförmigen symmetrischen Functionen lässt für specielle Formen der Function Ψ noch bedeutende Abkürzungen zu. Es verdienen hiebei vorzüglich drei Fälle besondere Beachtung.

Der eine ist der, dass die Function Ψ ein Product aus Systemen simultaner Wurzeln und einer Function der Wurzeln ist.

Wäre etwa eine zweiförmige Function von der Form:

$$S_2 = \sum_{h_1, h_2} (\alpha_1^{h_1})^{p_1} (\alpha_2^{h_1})^{p_2} \dots (\alpha_n^{h_1})^{p_n} \varphi(\alpha_1^{h_2}, \alpha_2^{h_2} \dots \alpha_n^{h_2})$$

gegeben, wo die $p_1, p_2 \dots p_n$ Exponenten bedeuten, und die Indices h alle möglichen von einander verschiedenen Werthe der Reihe 1 bis μ annehmen, so ist S_2 gleich dem Producte aus dem Coëfficienten von $x_1^{-(p_1+1)} x_2^{-(p_2+1)} \dots x_n^{-(p_n+1)}$ in der Entwicklung von

$$\frac{\Phi(x_1, x_2 \dots x_n) D(x_1, x_2 \dots x_n}{F_1(x_1) F_2(x_2) \dots F_n(x_n)}$$

nach fallenden Potenzen der x und dem Coëfficienten von $(x_1, x_2 \dots x_n)^{-1}$ in der analogen Entwicklung von

$$\frac{\Phi(x_1, x_2 \dots x_n) D(x_1, x_2 \dots x_n) \varphi(x_1, x_2 \dots x_n)}{F_1(x_1) F_2(x_2) \dots F_n(x_n)}$$

vermindert um den Coëfficienten von $x_1^{-(p_1+1)}, x_2^{-(p_2+1)} \dots x_n^{-(p_n+1)}$ in der letzteren Entwicklung.

Hätte eine dreiförmige Function die Form:

$$S_3 = \sum_{h_1, h_2 \dots h_3} (\alpha_1^{h_1})^{p_1} (\alpha_2^{h_2})^{p_2} \dots (\alpha_n^{h_n})^{p_n} (\alpha_1^{h_2})^{q_1} (\alpha_2^{h_3})^{q_2} \dots (\alpha_n^{h_n})^{q_n} \varphi(\alpha_1^{h_3}, \alpha_2^{h_3} \dots \alpha_n^{h_3}),$$

wo die p und q Exponenten bedeuten, und die h alle möglichen von einander verschiedenen Werthe der Reihe 1 bis μ erhalten sollen, so liessen sich dieselben in ähnlicher Weise berechnen.

Bezeichnet man in der Entwicklung des Quotienten

$$\frac{\Phi(x_1, x_2 \ldots x_n)\, D(x_1, x_2 \ldots x_n)}{F_1(x_1)\, F_2(x_2) \ldots F_n(x_n)}$$

nach fallenden Potenzen der Grössen x den Coëfficienten von $x_1^{-(p_1+1)}\, x_2^{-(p_2+1)} \ldots x_n^{-(p_n+1)}$ mit A, den von $x_1^{-(q_1+1)}\, x_2^{-(q_2+1)} \ldots x_n^{-(q_n+1)}$ mit B, in der mit $\varphi(x_1, x_2 \ldots x_n)$ multiplicirten obigen Entwicklung den Coëfficienten von $(x_1, x_2 \ldots x_n)^{-1}$ mit C, den von $x_1^{-(p_1+1)}\, x_2^{-(p_2+1)} \ldots x_n^{-(p_n+1)}$ mit D, den von $x_1^{-(q_1+1)}\, x_2^{-(q_2+1)} \ldots x_n^{-(q_n+1)}$ mit E und den von $x_1^{-(p_1+q_1+1)}\, x_2^{-(p_2+q_2+1)} \ldots x_n^{-(p_n+q_n+1)}$ mit F, so ist

$$S_3 = ABC - AD - BE + F.$$

Man sieht hieraus klar, wie sich die Rechnung für eine derartige vier- und allgemein λ-förmige symmetrische Function gestaltet.

Der zweite, weit wichtigere Fall ist der, dass in jedem Gliede der Function $\Psi(\alpha_1^{h_1}, \alpha_2^{h_1} \ldots \alpha_n^{h_1}; \ldots \alpha_1^{h_\lambda}, \alpha_2^{h_\lambda} \ldots \alpha_n^{h_\lambda})$ alle Wurzeln $\alpha_1^{h}, \alpha_2^{h} \ldots \alpha_n^{h_\lambda}$ vorkommen. Dann gehört die λ-förmige symmetrische Function: $\sum\limits_{h_1, h_2 \ldots h_\lambda} \Psi(\alpha_1^{h_1}, \alpha_2^{h_1} \ldots \alpha_n^{h_1}; \ldots \alpha_1^{h_\lambda}, \alpha_2^{h_\lambda} \ldots \alpha_n^{h_\lambda})$ zu jenen einfachsten Typen symmetrischer Functionen der Wurzelsysteme, welche alle ganzen, symmetrischen Functionen additiv zusammensetzen. Für diese einfachsten Typen der symmetrischen Functionen ermöglichen die von Schlaefli und Betti aufgestellten Sätze über ihren Grad, ihr vollständiges Gewicht und ihre partialen Gewichte eine besondere Vereinfachung des auseinandergesetzten allgemeinen Verfahrens zur Berechnung der symmetrischen Functionen. Man wird nämlich bei Berechnung dieser symmetrischen Functionen vor Beginn der nöthigen Operationen jedesmal alle jene Glieder unterdrücken, welche nach Massgabe dieser Sätze im Schlussresultat nicht erscheinen können, also insbesondere jene Glieder, deren Grad, vollständiges oder partiales Gewicht, zu der nach diesen Sätzen im Endresultat zu erreichenden Grenze nicht herabzusinken vermag. Während der Ausführung der nöthigen Rechnungen mit den so abgekürzten Ausdrücken wird man dann immer sogleich alle jene Glieder weglassen, die den durch die Sätze Schlaefli's und Betti's ausgesprochenen Bedingungen nicht Genüge leisten.

Der dritte Fall tritt ein, wenn die symmetrische Function S die Form hat:

$$S = \psi(\alpha_1^1, \alpha_2^1 \ldots \alpha_n^1)\, \psi(\alpha_1^2, \alpha_2^2 \ldots \alpha^2) \ldots \psi(\alpha_1^\mu, \alpha_2^\mu \ldots \alpha_n^\mu),$$

wo $\psi(\alpha_1, \alpha_2 \ldots \alpha_n)$ eine ganze, rationale, algebraische Function der $x_1, x_2 \ldots x_n$ bedeutet; also, wenn S die Resultante des Systems simultaner Gleichungen:

$$\psi(x_1, x_2 \ldots x_n) = 0,\ f_1(x_1, x_2 \ldots x_n) = 0 \ldots f_n(x_1, x_2 \ldots x_n) = 0$$

ist. Der Logarithmus dieser μ-förmigen symmetrischen Function ist nun gleich einer transcendenten, einförmigen, symmetrischen Function, nämlich

$$lS = \sum_{h=1}^{\mu} l\psi(\alpha_1^h, \alpha_2^h \ldots \alpha_n^h).$$

Entwickelt man daher $l\psi(x_1, x_2 \ldots x_n)$ in eine Potenzreihe, so lässt sich $\sum\limits_{h=1}^{\mu} l\psi(\alpha_1^h, \alpha_2^h \ldots \alpha_n^h)$ auf die für die einförmigen, symmetrischen Functionen angegebene Art berechnen. Hat man auf diese Weise

$$lS = \omega$$

gefunden, wo die Function ω blos aus den Coëfficienten der Gleichungen zusammengesetzt ist, so ergibt sich

$$S = e^\omega = 1 + \omega + \frac{\omega^2}{2!} + \ldots$$

Vermöge der Sätze über den Grad der Resultante in den Coëfficienten der einzelnen Gleichungen und über ihr Gewicht braucht man bei der Bildung von ω und S nur eine beschränkte Anzahl von Gliedern der Reihen in Betracht zu ziehen, und wird nach Entwicklung derselben noch alle jene Ausdrücke beseitigen, welche diesen Sätzen nicht genügen.

$l\psi(x_1, x_2 \ldots x_n)$ kann man sehr leicht und auf verschiedene Weise in eine Reihe nach Potenzen der x_1, $x_2 \ldots x_n$ entwickeln. Keine grösseren Schwierigkeiten bietet die allgemeinere Aufgabe: $F[\xi(x_1, x_2 \ldots x_n)]$, wo F und ξ beliebige Functionen bedeuten, in eine Reihe nach Potenzen der $x_1, x_2 \ldots x_n$ zu entwickeln.

Setzt man der Kürze halber:

$$\xi(x_1, x_2 \ldots x_n) = u, \quad \xi(0, 0 \ldots 0) = u_0$$

und bezeichnet $\left(\frac{\partial^n F}{\partial u^n}\right)_0$, dass in $\frac{\partial^n F}{\partial u^n}$ gesetzt wurde: $x_1 = x_2 = \ldots = x_n = 0$, so ist

$$F[\xi(x_1, x_2 \ldots x_n)] = (F)_0 + \left(\frac{\partial F}{\partial u}\right)_0 (u - u_0) + \left(\frac{\partial^2 F}{\partial u^2}\right)_0 \frac{(u-u_0)^2}{2!} + \ldots$$

In der Entwicklung von $F[\xi(x_1, x_2 \ldots x_n)]$ nach Potenzen der $x_1, x_2 \ldots x_n$ ist daher der Coëfficient von $x_1^{m_1}, x_2^{m_2} \ldots x_n^{m_n}$ gleich der Summe der Coëfficienten von $x_1^{m_1}, x_2^{m_2} \ldots x_n^{m_n}$ der einzelnen Glieder in dieser Reihe. Dieser Coëfficient im Ausdrucke $\left(\frac{\partial^p F}{\partial u^p}\right)_0 \frac{(u-u_0)^p}{p!}$ ist nun:

$$\frac{1}{m_1!\, m_2! \ldots m_n!\, p!} \left(\frac{\partial^p F}{\partial u^p}\right)_0 \left(\frac{\partial^{m_1+m_2+\ldots+m_n}(u-u_0)^p}{\partial x_1^{m_1}\, \partial x_2^{m_2} \ldots \partial x_n^{m_n}}\right)_{x_1 = x_2 = \ldots = x_n = 0}.$$

Man erkennt leicht, dass $(u-u_0)^p$ nur dann ein Glied mit $x_1^{m_1}, x_2^{m_2} \ldots x_n^{m_n}$ besitzt, wenn $p \leqq m_1 + m_2 + \ldots + m_n$.

Der Coëfficient von $x_1^{m_1}, x_2^{m_2} \ldots x_n^{m_n}$ in $F[\xi(x_1, x_2 \ldots x_n)]$ lässt sich noch in entwickelterer Form darstellen. Zu diesem Zwecke denke man sich $\xi(x_1, x_2 \ldots x_n)$ nach der Mac-Laurin'schen Reihe entwickelt, und bezeichne in dieser Entwicklung den Coëfficienten von $x_1^f x_2^g x_3^h \ldots x_n^r$ mit $a_{f, g, h \ldots r}$; es sei also

$$a_{f, g, h, \ldots r} = \frac{1}{f!\, g!\, h! \ldots r!} \frac{\partial^{f+g+h+\ldots+r} \xi}{\partial x_1^f\, \partial x_2^g \ldots \partial x_n^r}.$$

Bedeutet dann $\pi(k, m_1, m_2 \ldots m_n)$ die Summe

$$\sum \frac{1}{\alpha_1!\, \alpha_2!\, \alpha_3! \ldots} a_{f_1, g_1, h_1 \ldots r_1}^{\alpha_1} a_{f_2, g_2, h_2 \ldots r_2}^{\alpha_2} a_{f_3, g_3, h_3 \ldots r_3}^{\alpha_3} \ldots,$$

welche alle Glieder umfasst, die aus den Gleichungen sich ergeben:

$$\begin{aligned}
\alpha_1 + \alpha_2 + \alpha_3 + \ldots &= k \\
f_1 \alpha_1 + f_2 \alpha_2 + f_3 \alpha_3 + \ldots &= m_1 \\
g_1 \alpha_1 + g_2 \alpha_2 + g_3 \alpha_3 + \ldots &= m_2 \\
h_1 \alpha_1 + h_2 \alpha_2 + h_3 \alpha_3 + \ldots &= m_3 \\
\cdots & \\
\cdots & \\
r_1 \alpha_1 + r_2 \alpha_2 + r_3 \alpha_3 + \ldots &= m_n,
\end{aligned}$$

so ist der Coëfficient von $x_1^{m_1}, x_2^{m_2} \ldots x_n^{m_n}$ in $F[\xi(x_1, x_2 \ldots x_n)]$:

$$\sum_{k=1}^{p} \left(\frac{\partial^k F}{\partial u^k}\right)_0 \pi(k, m_1, m_2 \ldots m_r) \quad \text{wo} \quad p = m_1 + m_2 + \ldots + m_n.$$

Damit ist die Entwicklung von $F[\xi(x_1, x_2 \ldots x_n)]$, also auch die von $l\psi(x_1, x_2 \ldots x_n)$ nach Potenzen von $x_1, x_2 \ldots x_n$ bewerkstelligt. Andere Methoden zur Entwicklung speciell von $l\psi(x_1, x_2 \ldots x_n)$ ergeben sich aus den von Lagrange in der erwähnten Abhandlung für den Fall einer Function einer Veränderlichen angewandten.

V.

Die vorhergehenden Betrachtungen legen den Gedanken nahe, eine erzeugende Function der einfachsten Typen der symmetrischen Verbindungen der simultanen Wurzelsysteme aufzustellen, also eine solche Function, aus deren Entwicklung alle diese Typen hervorgehen. Vermag man dann eine dieser Entwicklung äquivalente zu bestimmen, deren Entwicklungscoëfficienten aber die Wurzeln der vorgelegten Gleichungen nicht enthalten, so ist eine Methode zur Berechnung dieser einfachsten Typen der symmetrischen Functionen gefunden.

Eine solche erzeugende Function ist offenbar die Summe:

$$\sum \frac{1}{(t_1^1-\alpha_1^1)(t_2^1-\alpha_2^1)\ldots(t_n^1-\alpha_n^1)(t_1^2-\alpha_1^2)(t_2^2-\alpha_2^2)\ldots(t_n^2-\alpha_n^2)\;\ldots\;(t_1^\mu-\alpha_1^\mu)(t_2^\mu-\alpha_2^\mu)\ldots(t_n^\mu-\alpha_n^\mu)}, \qquad 4)$$

welche ausser dem angeschriebenen Gliede noch alle Glieder umfassen soll, die aus ihm durch alle möglichen Vertauschungen der Wurzelsysteme erhalten werden. Die Entwicklung dieser Summe nach fallenden Potenzen der t besitzt nämlich die einfachsten Typen der symmetrischen Functionen zu Coëfficienten.

Um die dieser Entwicklung geforderte äquivalente aufzufinden, bilde man den Ausdruck:

$$\frac{D(t_1^1, t_2^1 \ldots t_n^1)\;\ldots\;D(t_1^\mu, t_2^\mu \ldots t_n^\mu)\;\Phi(t_1^1, t_2^1 \ldots t_n^1)\;\ldots\;\Phi(t_1^\mu, t_2^\mu \ldots t_n^\mu)\;\Pi^2(t_1^1, t_1^2 \ldots t_1^\mu)}{F_1(t_1^1)\,F_2(t_2^1)\ldots F_n(t_n^1)\;\ldots\;F_1(t_1^\mu)\,F_2(t_2^\mu)\ldots F_n(t_n^\mu)\;\Pi^2(\alpha_1^1, \alpha_1^2 \ldots \alpha_1^\mu)}, \qquad 5)$$

wo die Functionszeichen D, F, Φ die frühere Bedeutung haben, und $\Pi(t_1^1, t_1^2 \ldots t_1^\mu)$ die von Jacobi gebrauchte Bezeichnung für das Differenzproduct der $t_1^1, t_1^2 \ldots t_1^\mu$ ist. Die Coëfficienten in der Entwicklung dieses Ausdruckes nach fallenden Potenzen der t sind gleich den Coëfficienten, welche in der analogen Entwicklung der Summe 4) demselben Producte der t angehören. Denn denkt man sich

$$\frac{\Phi(t_1^1, t_2^1 \ldots t_n^1)\,\Phi(t_1^2, t_2^2 \ldots t_n^2)\ldots\Phi(t_1^\mu, t_2^\mu \ldots t_n^\mu)}{F_1(t_1^1)\,F_2(t_2^1)\ldots F_n(t_n^1)\;\ldots\;F_1(t_1^\mu)\,F_2(t_2^\mu)\ldots F_n(t_n^\mu)}$$

in Partialbrüche zerlegt, so ersieht man sofort, dass nach (I.) die Entwicklungscoëfficienten von 5) gleich sind den Entwicklungscoëfficienten desselben Productes der t in

$$\frac{1}{\Pi^2(\alpha_1^1, \alpha_1^2 \ldots \alpha_1^\mu)} \sum \frac{\Pi^2(\alpha_1^{h_1}, \alpha_2^{h_2} \ldots \alpha_1^{h_\mu})}{(t_1^1-\alpha_1^{h_1})(t_2^1-\alpha_2^{h_1})\ldots(t_n^1-\alpha_n^{h_1})\;\ldots\;(t_1^\mu-\alpha_1^{h_\mu})(t_2^\mu-\alpha_2^{h_\mu})\ldots(t_n^\mu-\alpha_n^{h_\mu})},$$

wo die Indices $h_1, h_2 \ldots h_\mu$ alle möglichen Werthe von 1 bis μ annehmen. Da aber $\Pi(\alpha_1^{h_1}, \alpha_1^{h_2} \ldots \alpha_1^{h_\mu})$ verschwindet, sobald irgend zwei der Indices h einander gleich werden, so reducirt sich diese Summe auf die Summe 4); nun kann bekanntlich $\Pi^2(\alpha_1^1, \alpha_1^2 \ldots \alpha_1^\mu)$ in einfacher Weise durch die Coëfficienten der Gleichung $F_1(x_1) = 0$ ausgedrückt werden, somit enthält die Entwicklung von 5) nach fallenden Potenzen der t keine Wurzeln der Gleichungen in ihren Coëfficienten, und entspricht somit den gestellten Bedingungen.

VI.

Die auseinandergesetzten Methoden dienen blos zur Berechnung der ganzen symmetrischen Functionen. Die Bestimmung der gebrochenen symmetrischen Functionen wird im Allgemeinen durch den Umstand erledigt, dass jede derartige Function sich als der Quotient zweier ganzer symmetrischer Functionen darstellen

lässt. Es ist dies blos eine Folge des allgemeinen Satzes, dass jede rationale gebrochene Function der Wurzeln eines oder mehrerer simultaner Systeme in 1) äquivalent ist einer rationalen ganzen Function dieser Wurzeln, die nach keiner derselben den $(\mu-1)$ten Grad übersteigt.

Es seien im Quotienten:

$$\frac{\varphi(\alpha_1^h, \alpha_2^h \ldots \alpha_n^h)}{\psi(\alpha_1^h, \alpha_2^h \ldots \alpha_n^h)}$$

φ und ψ ganze rationale Functionen der Wurzeln $\alpha_1^h, \alpha_2^h \ldots \alpha_n^h$. Dann ist

$$\frac{\varphi(\alpha_1^h, \alpha_2^h \ldots \alpha_n^h)}{\psi(\alpha_1^h, \alpha_2^h \ldots \alpha_n^h)} = \frac{\psi(\alpha_1^1, \alpha_2^1 \ldots \alpha_n^1) \ldots \psi(\alpha_1^{h-1}, \alpha_2^{h-1} \ldots \alpha_n^{h-1})\, \psi(\alpha_1^{h+1}, \alpha_2^{h+1} \ldots \alpha_n^{h+1}) \ldots \psi(\alpha_1^\mu, \alpha_2^\mu \ldots \alpha_n^\mu)}{\psi(\alpha_1^1, \alpha_2^1 \ldots \alpha_n^1) \ldots \psi(\alpha_1^h, \alpha_2^h \ldots \alpha_n^h) \ldots \psi(\alpha_1^\mu, \alpha_2^\mu \ldots \alpha_n^\mu)}\, \varphi(\alpha_1^h, \alpha_2^h \ldots \alpha_n^h),$$

somit der Nenner $\psi(\alpha_1^1, \alpha_2^1 \ldots \alpha_n^1) \ldots \psi(\alpha_1^\mu, \alpha_2^\mu \ldots \alpha_n^\mu)$ als ganze symmetrische Function der simultanen Wurzelsysteme durch die Coëfficienten der Gleichungen ausdrückbar. Der Dividend dieses Quotienten ist eine ganze symmetrische Function der simultanen Wurzelsysteme $\alpha_1^1, \alpha_2^1 \ldots \alpha_n^1; \ldots \alpha_1^{h-1}, \alpha_2^{h-1} \ldots \alpha_n^{h-1}; \alpha_1^{h+1}, \alpha_2^{h+1} \ldots \alpha_n^{h+1}; \ldots \alpha_1^\mu, \alpha_2^\mu \ldots \alpha_n^\mu$, und lässt sich durch eine rationale ganze Function der Wurzeln des Systems $\alpha_1^h, \alpha_2^h \ldots \alpha_n^h$ ausdrücken.

Denn wendet man auf die Gleichung:

$$\left\{\frac{\Phi(x_1, x_2 \ldots x_n)}{F_1(x_1)\, F_2(x_2) \ldots F_n(x_n)} - \frac{1}{D(\alpha_1^h, \alpha_2^h \ldots \alpha_n^h)\,(x_1-\alpha_1^h)\,(x_2-\alpha_2^h) \ldots (x_n-\alpha_n^h)}\right\}$$

$$= \sum_k \frac{1}{D(\alpha_1^k, \alpha_2^k \ldots \alpha_r^k)\,(x_1-\alpha_1^k)\,(x_2-\alpha_2^k) \ldots (x_n-\alpha_n^k)},$$

wo k alle Werthe der Reihe 1 bis μ mit Ausnahme von h annimmt, das angegebene Verfahren zur Berechnung der ganzen, symmetrischen Functionen an, so erhält man hiedurch jede ganze symmetrische Function der simultanen Wurzelsysteme in der rechten Seite dieser Gleichung als rationale ganze Function der Wurzeln des Systems $\alpha_1^h, \alpha_2^h \ldots \alpha_n^h$. Kommen nun etwa in dieser Function Potenzen der $\alpha_1^h, \alpha_2^h \ldots \alpha_n^h$ in einem höheren als dem $(\mu-1)$ten Grade vor, so kann man alle diese Potenzen vermittelst der Gleichungen:

$$F_1(\alpha_1^h) = 0, \quad F_2(\alpha_2^h) = 0 \ldots F_n(\alpha_n^h) = 0$$

eliminiren.

Hat man eine rationale, gebrochene Function der Wurzeln mehrerer Systeme, so kann man dieselbe zuvörderst nach dem oben auseinandergesetzten Verfahren als eine ganze, rationale Function der Wurzeln eines Systems darstellen, die nach keiner dieser Wurzeln den $(\mu-1)$ten Grad übersteigt. Die Coëfficienten dieser Function sind nunmehr rationale gebrochene Functionen blos der Wurzeln der noch übrigen simultanen Systeme der ursprünglichen Function. Wendet man daher dieses Verfahren auf jeden der erhaltenen Coëfficienten an, so kann man jeden derselben in eine rationale ganze Function der Wurzeln eines zweiten simultanen Systems umformen, die nach keiner derselben den μten Grad erreicht, u. s. f.

Für die gebrochenen symmetrischen Functionen bestehen noch wichtige Relationen, vermittelst welcher man auch die Berechnung der Coëfficienten der Endgleichung eines Systems von n simultanen Gleichungen auf die Bestimmung einer gebrochenen symmetrischen Function der Wurzelsysteme von $(n-1)$ simultanen Gleichungen zurückführen kann. Dieselben ergeben sich aus einer äusserst wichtigen Formel, welche zuerst von Jacobi für den Fall zweier und von Liouville für ein beliebiges System simultaner Gleichungen abgeleitet wurde. In der vorliegenden Untersuchung erhält man dieselbe ganz unmittelbar aus der Bemerkung in (I.).

VII.

Ist $\varphi(x_1, x_2 \ldots x_n)$ eine ganze, rationale algebraische Function der $\alpha_1, \alpha_2 \ldots \alpha_n$, deren Grad um mindestens eine Einheit niedriger ist, als der Grad der Functional-Determinante $D(x_1, x_2 \ldots x_n)$, so ist

$$\sum_{k=1}^{\mu} \frac{\varphi(\alpha_1^k, \alpha_2^k \ldots \alpha_n^k)}{D(\alpha_1^k, \alpha_2^k \ldots \alpha_n^k)} = 0. \tag{6}$$

Wegen der Gradzahl, welche die einfachsten Multiplicatoren m erreichen können, ist nämlich in diesem Falle der Coëfficient von $(x_1, x_2 \ldots x_n)^{-1}$ in

$$\frac{\varphi(x_1, x_2 \ldots x_n)\, \Phi(x_1, x_2 \ldots x_n)}{F_1(x_1)\, F_2(x_2) \ldots F_n(x_n)}$$

gleich 0.

Sind $f_1, f_2 \cdots f_n$, $\psi_1, \psi_2 \cdots \psi_n$ neue ganze rationale algebraische Functionen der $x_1, x_2 \ldots x_n$, und setzt man in 6) für

$$f_1 : f_1\psi_1, \quad f_2 : f_2\psi_2 \ldots f_n : f_n\psi_n,$$

wo aber das Product der neuen Functionen im Allgemeinen nicht von niedrigerem Grade sein darf, als das der ursprünglichen; bezeichnet man ferner mit $\Delta(f_1, f_2 \cdots f_n)$ die Functional-Determinante

$$\sum \pm \frac{\partial f_1}{\partial x_1} \frac{\partial f_2}{\partial x_2} \cdots \frac{\partial f_n}{\partial x_n},$$

so geht durch diese Substitutionen die obige Formel über in:

$$0 =$$

$$\sum \frac{\varphi(x_1, x_2 \ldots x_n)}{f_1 f_2 \cdots f_n \Delta(\psi_1, \psi_2 \cdots \psi_n) + \psi_1 f_2 \cdots f_n \Delta(f_1, \psi_2 \cdots \psi_n) + \ldots + \psi_1 \psi_2 \cdots \psi_{n-1} f_n \Delta(f_1, f_2 \cdots f_{n-1}, \psi_n) + \psi_1 \psi_2 \cdots \psi_n \Delta(f_1, f_2 \cdots f_n)}$$

oder

$$\sum \frac{\varphi(x_1, x_2 \ldots x_n)}{f_1 f_2 \cdots f_n \Delta(\psi_1, \psi_2 \cdots \psi_n)} + \sum \frac{\varphi(x_1, x_2 \ldots x_n)}{\psi_1 f_2 \cdots f_n \Delta(f_1, \psi_2 \cdots \psi_n)} + \ldots + \sum \frac{\varphi(x_1, x_2 \ldots x_n)}{\psi_1, \psi_2 \cdots \psi_n \Delta(f_1 f_2 \cdots f_n)} = 0. \tag{7}$$

In dieser Formel gehen die sämmtlichen Summen aus der ersten dadurch hervor, dass man in dieser die f einer jeden Combination der $f_1, f_2 \cdots f_n$ von der ersten bis $n$ten Classe mit den zugehörigen Multiplicatoren ψ vertauscht; ferner erstreckt sich jedes Summenzeichen über die Substitutionen aller simultanen Wurzelsysteme der Functionen innerhalb seines Δ an Stelle der $x_1, x_2 \ldots x_n$.

In dieser Relation ist als specieller Fall eine zuerst von Liouville angegebene enthalten. Setzt man nämlich in 7) für $\varphi(x_1, x_2 \ldots x_n)$: $\chi f_2 \cdots f_n \Delta(\psi_1, \psi_2 \cdots \psi_n)$, was immer erlaubt ist, sobald man nur die ganze, rationale algebraische Function χ von niedrigerem Grade als f_1 wählt, so erhält man:

$$\sum \frac{\chi(x_1, x_2 \ldots x_n)}{f_1(x_1, x_2 \ldots x_n)} = -\sum \frac{\chi \Delta(\psi_1, \psi_2 \cdots \psi_n)}{\psi_1 \Delta(f_1, \psi_2 \cdots \psi_n)}, \tag{8}$$

wo also das Summenzeichen links die Substitutionen aller simultanen Wurzelsysteme der Gleichungen

$$\psi_1 = 0, \ \psi_2 = 0 \ldots \psi_n = 0,$$

das rechts die aller simultanen Wurzelsysteme der Gleichungen:

$$f_1 = 0, \ \psi_2 = 0 \ldots \psi_n = 0$$

an Stelle der $x_1, x_2 \ldots x_n$ umfasst.

Zu demselben Resultate wäre man gelangt, wenn man in 6) statt $f_1 : f_1 \psi_1$, welches Product im Allgemeinen nicht von niedrigerem Grade als das ursprüngliche f_1 sein darf, und statt $\varphi : \chi \Delta(\psi_1, \psi_2 \ldots \psi_n)$ gesetzt, und die so veränderte Summe 6) in ihre zwei Summanden zerlegt hätte.

Specialisirt man in 8) χ und f_1, indem man:

$$\chi = x_2\, x_3 \ldots x_n\,; \;\; f_1 = x_1\, x_2 \ldots x_n$$

setzt, so erhält man $\sum \frac{1}{x_1}$, also die Summe der reciproken Werthe der Wurzeln der Endgleichung des Systemes: $\psi_1 = 0$, $\psi_2 = 0 \ldots \psi_n = 0$ nach x_1. Die rechte Seite von 8) lässt sich für diese speciellen Werthe von χ und f_1 in ein Aggregat von Summen zerlegen, die sich über die Substitutionen der simultanen Wurzelsysteme bezüglich der Gleichungen:

$$\begin{array}{l} x_1 = 0\,, \;\; \psi_2(x_1, x_2 \ldots x_n) = 0 \;\ldots\; \psi_n(x_1, x_2 \ldots x_n) = 0 \\ x_2 = 0\,, \;\; \psi_2(x_1, x_2 \ldots x_n) = 0 \;\ldots\; \psi_n(x_1, x_2 \ldots x_n) = 0 \\ \;\vdots \\ x_n = 0\,, \;\; \psi_2(x_1, x_2 \ldots x_n) = 0 \;\ldots\; \psi_n(x_1, x_2 \ldots x_n) = 0 \end{array}$$

an Stelle der $x_1, x_2 \ldots x_n$ erstrecken. Von diesen Ausdrücken verschwinden aber alle bis auf den ersten und es ergibt sich:

$$\sum \frac{1}{x_1} = -\sum \left\{ \frac{\Delta(\psi_1, \psi_2 \ldots \psi_n)}{\Delta(\psi_2, \psi_3 \ldots \psi_n)} \right\}_{x_1 = 0},$$

wo also in die Summe links alle x_1 der simultanen Wurzelsysteme der Gleichungen:

$$\psi_1(x_1, x_2 \ldots x_n) = 0\,; \;\; \psi_2(x_1, x_2 \ldots x_n) = 0 \;\ldots\; \psi_n(x_1, x_2 \ldots x_n) = 0$$

und in die Summe rechts $x_1 = 0$, und für die $x_2, x_3 \ldots x_n$ die simultanen Wurzelsysteme der Gleichungen:

$$\psi_2(0, x_2 \ldots x_n) = 0\,; \;\; \psi_3(0, x_2 \ldots x_n) = 0 \;\ldots\; \psi_n(0, x_2 \ldots x_n) = 0$$

zu substituiren sind.

Um $\sum \frac{1}{x_1^2}$ zu finden, müsste man in 8) für χ: $x_2\, x_3 \ldots x_n$, für f_1: $x_1(x_1 - h)\, x_2 \ldots x_n$ setzen, und dann den so erhaltenen Ausdruck wieder in ein Aggregat von Summen zerlegen. Von diesen Summen verschwinden alle bis auf zwei, die h als Factor in ihrem Nenner haben; für $h = 0$ nehmen sie die unbestimmte Form $\frac{0}{0}$ an, nach deren Bestimmung sich ergibt:

$$\sum \frac{1}{x_1^2} = -\sum \left\{ \frac{d}{dx_1}\, \frac{\Delta(\psi_1, \psi_2 \ldots \psi_n)}{\Delta(\psi_2, \psi_3 \ldots \psi_n)} \right\}_{x_1 = 0},$$

wo die Summen dieselbe Bedeutung haben, wie im vorhergehenden Falle.

Auf ganz analoge Weise erhält man:

$$\sum \frac{1}{x_1^m} = \frac{-1}{(m-1)!} \sum \left\{ \frac{d^{m-1}}{dx^{m-1}}\, \frac{\Delta(\psi_1, \psi_2 \ldots \psi_n)}{\Delta(\psi_2, \psi_3 \ldots \psi_n)} \right\}_{x_1 = 0}.$$

Und es ist somit die Berechnung der reciproken Potenzsummen irgend einer Endgleichung eines Systems von n simultanen Gleichungen zurückgeführt auf die Bestimmung einer gebrochenen symmetrischen Function der simultanen Wurzelsysteme von $(n-1)$ Gleichungen.

VIII.

Die Formel 8) unterliegt der Bedingung, dass die Function $f_1(x_1\, x_2 \ldots x_n)$ von höherem Grade als $\chi(x_1, x_2 \ldots x_n)$ sei. Dieselbe lässt sich aber leicht für den Fall modificiren, als die Function $f_1(x_1, x_2 \ldots x\ )$ nicht von höherem Grade als $\chi(x_1, x_2 \ldots x_n)$ ist.

Es sei zuerst $\chi(x_1, x_2 \ldots x_n)$ von demselben Grade wie $f_1(x_1, x_2 \ldots x_n)$. Bezeichnet dann a irgend eine Zahl, so ist nach 8):

$$\sum \frac{\chi(x_1, x_2 \ldots x_n)}{(x_1-a) f(x_1, x_2 \ldots x_n)} = -\sum \frac{\chi \Delta(\psi_1, \psi_2 \ldots \psi_n)}{(x_1-a)\psi_1 \Delta(f, \psi_2 \ldots \psi_n)} - \sum_{x_1=a} \frac{\chi \Delta(\psi_1, \psi_2 \ldots \psi_n)}{\psi_1 f \Delta(\psi_2, \psi_3 \ldots \psi_n)},$$

wo $\Delta(\psi_2, \psi_3 \ldots \psi_n) = \sum \pm \frac{\partial \psi_2}{\partial x_2} \frac{\partial \psi_3}{\partial x_3} \ldots \frac{\partial \psi_n}{\partial x_n}$ ist. In dieser Relation erstreckt sich das Summenzeichen links vom Gleichheitszeichen über die Substitutionen aller simultanen Wurzelsysteme der Gleichungen:

$$\psi_1(x_1, x_2 \ldots x_n) = 0,\ \psi_1(x_1, x_2 \ldots x_n) = 0\ \ldots\ \psi_n(x_1, x_2 \ldots x_n) = 0,$$

das erste rechts vom Gleichheitszeichen über die der Gleichungen:

$$f(x_1, x_2 \ldots x_n) = 0,\ \psi_2(x_1, x_2 \ldots x_n) = 0\ \ldots\ \psi_n(x_1, x_2 \ldots x_n) = 0$$

an Stelle der $x_1, x_2 \ldots x_n$; in der zweiten Summe links vom Gleichheitszeichen ist $x_1 = a$ und für $x_2, x_3 \ldots x$ sind alle simultanen Wurzelsysteme der Gleichungen

$$\psi_2(a, x_2 \ldots x_n) = 0,\ \psi_3(a, x_2 \ldots x_n) = 0\ \ldots\ \psi_n(a, x_2 \ldots x_n) = 0$$

zu setzen.

Multiplicirt man nun jedes Glied der obigen Gleichung mit a, und setzt hierauf darin $a = \infty$, so erhält man:

$$\sum \frac{\chi(x_1, x_2 \ldots x_n)}{f(x_1, x_2 \ldots x_n)} = -\sum \frac{\chi \Delta(\psi_1, \psi_2 \ldots \psi_n)}{\psi_1 \Delta(f, \psi_2 \ldots \psi_n)} + \sum_{x_1=\infty} \frac{\chi \Delta(\psi_1, \psi_2 \ldots \psi_n)}{\psi_1 f \Delta(\psi_2, \psi_3 \ldots \psi_n)},$$

wo die Bedeutung der einzelnen Summenzeichen aus dem Vorhergehenden klar ist.

Der zweiten rechts lässt sich noch eine einfachere Gestalt geben, wenn man jede der Functionen: χ, f, ψ_1, $\Delta(\psi_1, \psi_2 \ldots \psi_n)$, $\Delta(\psi_2, \psi_3 \ldots \psi_n)$ nach dem Vorgange Liouville's in Gruppen homogener Functionen der $x_1, x_2 \ldots x_n$ zerlegt und aus jeder Gruppe die höchste Potenz von x_1 als Factor heraushebt. Die derart geordneten Functionen haben die Form:

$$\begin{aligned}
\chi(x_1, x_2 \ldots x_n) &= \chi_1(u_2, u_3 \ldots u_n)\, x_1^p + \chi_2(u_2, u_3 \ldots u_n)\, x_1^{p-1} + \chi_3(u_2, u_3 \ldots u_n)\, x_1^{p-2} + \ldots \\
f(x_1, x_2 \ldots x_n) &= f_1(u_2, u_3 \ldots u_n)\, x_1^p + f_2(u_2, u_3 \ldots u_n)\, x_1^{p-1} + f_3(u_2, u_3 \ldots u_n)\, x_1^{p-2} + \ldots \\
\psi_1(x_1, x_2 \ldots x_n) &= \psi_1^1(u_2, u_3 \ldots u_n)\, x_1^{m_1} + \psi_1^2(u_2, u_3 \ldots u_n)\, x_1^{m_1-1} + \psi_1^3(u_2, u_3 \ldots u_n)\, x_1^{m_1-2} + \ldots \\
\Delta(\psi_2, \psi_3 \ldots \psi_n) &= B_1(u_2, u_3 \ldots u_n)\, x_1^q + B_2(u_2, u_3 \ldots u_n)\, x_1^{q-1} + B_3(u_2, u_3 \ldots u_n)\, x_1^{q-2} + \ldots \\
\Delta(\psi_1, \psi_2 \ldots \psi_n) &= A_1(u_2, u_3 \ldots u_n)\, x_1^{m_1+q-1} + A_2(u_2, u_3 \ldots u_n)\, x_1^{m_1+q-2} + A_3(u_2, u_3 \ldots u_n)\, x_1^{m_1+q-3} + \ldots
\end{aligned}$$

Dann ist:

$$\sum \frac{\chi(x_1, x_2 \ldots x_n)}{f(x_1, x_2 \ldots x_n)} = -\sum \frac{\chi \Delta(\psi_1, \psi_2 \ldots \psi_n)}{\psi_1 \Delta(f, \psi_2 \ldots \psi_n)} + \sum \frac{\chi_1 A_1}{\psi_1^1 f_1 B_1}. \qquad 9)$$

[1] Hierin ist statt des früheren f_1 kürzer f geschrieben.

In der letzten Summe kommen blos die Verhältnisse $\frac{x_2}{x_1}=u_2,\ \frac{x_3}{x_1}=u_3\ldots\frac{x_n}{x_1}=u_n$ vor, und sind darin $x_1=\infty$ und für $x_2, x_3\ldots x_n$ die simultanen Wurzelsysteme der Gleichungen:

$$\psi_2(\infty, x_2\ldots x_n)=0,\ \psi_3(\infty, x_2\ldots x_n)=0\ \ldots\ \psi_n(\infty, x_2\ldots x_n)=0$$

zu setzen. Ordnet man nun die Functionen $\psi_2, \psi_3\ldots\psi_n$ in derselben Weise wie ψ_1 und ist:

$$\psi_2=\psi_2^1(u_2, u_3\ldots u_n)\,x_1^{m_2}+\psi_2^2(u_2, u_3\ldots u_n)\,x_1^{m_2-1}+\psi_2^3(u_2, u_3\ldots u_n)\,x_1^{m_2-2}+\ldots$$
$$\vdots$$
$$\psi_n=\psi_n^1(u_2, u_3\ldots u_n)\,x_1^{m_n}+\psi_n^2(u_2, u_3\ldots u_n)\,x_1^{m_n-1}+\psi_n^3(u_2, u_3\ldots u_n)\,x_1^{m_n-2}+\ldots$$

so sind offenbar in

$$\sum\frac{\chi_1 A_1}{\psi_1^1 f_1 B_1}$$

für $u_2, u_3\ldots u_n$ die simultanen Wurzelsysteme der Gleichungen:

$$\psi_2^1(u_2, u_3\ldots u_n)=0,\ \psi_3^1(u_2, u_3\ldots u_n)=0\ \ldots\ \psi_n^1(u_2, u_3\ldots u_n)=0$$

zu setzen.

Wäre $\chi(x_1, x_2\ldots x_n)$ um einen Grad höher als $f(x_1, x_2\ldots x_n)$, also:

$$f(x_1, x_2\ldots x_n)=f_1(u_2, u_3\ldots u_n)\,x_1^{p-1}+f_2(u_2, u_3\ldots u_n)\,x_1^{p-2}+f_3(u_2, u_3\ldots u_n)\,x_1^{p-3}+\ldots,$$

so ist $(x_1-a)f(x_1, x_2\ldots x_n)$ von demselben Grade als $\chi(x_1, x_2\ldots x_n)$. Somit ist nach der eben gewonnenen Formel:

$$\sum\frac{\chi(x_1, x_2\ldots x_n)}{(x_1-a)f(x_1, x_2\ldots x_n)}=-\sum\frac{\chi\Delta(\psi_1, \psi_2\ldots\psi_n)}{(x_1-a)\psi_1\Delta(f, \psi_2\ldots\psi_n)}-\sum_{x_1=a}\frac{\chi\Delta(\psi_1, \psi_2\ldots\psi_n)}{\psi_1 f\Delta(\psi_2, \psi_3\ldots\psi_n)}+\sum_{x_1=\infty}\frac{A_1\chi_1}{\psi_1^1 f_1 B_1}\ ^{1}.$$

Multiplicirt man diese Gleichung mit a und lässt sodann darin $a=\infty$ werden, so geht die Summe links vom Gleichheitszeichen über in:

$$-\sum\frac{\chi(x_1, x_2\ldots x_n)}{f(x_1, x_2\ldots x_n)},$$

die erste Summe rechts in:

$$-\sum\frac{\chi\Delta(\psi_1, \psi_2\ldots\psi_n)}{\psi_1\Delta(f, \psi_2\ldots\psi_n)}.$$

Die Differenz der beiden letzten Summen nimmt die unbestimmte Form $0.\infty$ an.

Nun ist

$$\sum\frac{\chi\Delta(\psi_1, \psi_2\ldots\psi_n)}{\psi_1 f\Delta(\psi_2, \psi_3\ldots\psi_n)}=\sum\left\{\frac{A_1\chi_1}{f_1\psi_1^1 B_1}+\frac{(A_2\chi_1+A_1\chi_2)f_1\psi_1^1 B_1-A_1\chi_1(f_1\psi_1^1 B_2+f_2\psi_1^1 B_1+f_1\psi_1^2 B_1)}{(f_1\psi_1^1 B_1)^2}\,x_1^{-1}+\ldots,\right.$$

also, wenn man der Kürze halber

$$M=\frac{(A_2\chi_1+A_1\chi_2)f_1\psi_1^1 B_1-A_1\chi_1(f_1\psi_1^1 B_2+f_2\psi_1^1 B_1+f_1\psi_1^2 B_1)}{(f_1\psi_1^1 B_1)^2}$$

setzt:

$$a\left[\sum_{x_1=a}\frac{\chi\Delta(\psi_1, \psi_2\ldots\psi_n)}{\psi_1 f\Delta(\psi_2, \psi_3\ldots\psi_n)}-\sum_{x_1=\infty}\frac{A_1\chi_1}{f_1\psi_1^1 B_1}\right]=a\left[\sum_{x_1=a}\frac{A_1\chi_1}{f_1\psi_1^1 B_1}-\sum_{x_1=\infty}\frac{A_1\chi_1}{f_1\psi_1^1 B_1}\right]+M+\ldots$$

wo die auf M folgenden Potenzen von a negative sind. Lässt man daher $a:\infty$ werden, so findet man:

$$lim\left\{a\left[\sum_{x_1=a}\frac{\chi\Delta(\psi_1, \psi_2\ldots\psi_n)}{\psi_1 f_1\Delta(\psi_2, \psi_3\ldots\psi_n)}-\sum_{x_1=\infty}\frac{A_1\psi_1}{f_1\psi_1^1 B_1}\right]\right\}_{a=\infty}=M+lim\left\{a\left[\sum_{x_1=a}\frac{A_1\chi_1}{f_1\psi_1^1 B_1}-\sum_{x_1=\infty}\frac{A_1\chi_1}{f_1\psi_1^1 B_1}\right]\right\}_{a=\infty}$$

[1] Hierin ist die Bedeutung der einzelnen Summenzeichen wohl selbstverständlich.

Es ist aber:

$$lim \left\{a\left[\sum_{x_1=a}\frac{A_1\chi_1}{f_1\psi_1^1 B_1}-\sum_{x_1=\infty}\frac{A_1\chi_1}{f_1\psi_1^1 B_1}\right]\right\}_{a=\infty} = -lim\left\{a^2\frac{d}{da}\left(\sum_{x_1=a}\frac{A_1\chi_1}{f_1\psi_1^1 B_1}\right)\right\}_{a=\infty}$$

$$= -lim\left\{a^2\frac{dw}{da}\right\}_{a=\infty},$$

wenn man

$$\sum_{x_1=a}\frac{A_1\chi_1}{f_1\psi_1^1 B_1}=w$$

setzt. Ferner ist

$$\frac{dw}{da}=\sum_{i=2}^{n}\frac{\partial w}{\partial u_i}\frac{du_i}{da},$$

wo die $\frac{du_2}{da}, \frac{du_3}{da}\ldots\frac{du_n}{da}$ durch die Gleichungen bestimmt sind:

$$\frac{\partial\psi_2}{\partial a}+\frac{\partial\psi_2}{\partial u_2}\frac{du_2}{da}+\ldots+\frac{\partial\psi_2}{\partial u_n}\frac{du_n}{da}=0$$

$$\frac{\partial\psi_3}{\partial a}+\frac{\partial\psi_3}{\partial u_2}\frac{du_2}{da}+\ldots+\frac{\partial\psi_2}{\partial u_n}\frac{du_n}{da}=0$$

$$\cdots$$

$$\frac{\partial\psi_n}{\partial a}+\frac{\partial\psi_n}{\partial u_2}\frac{du_2}{da}+\ldots+\frac{\partial\psi_n}{\partial u_n}\frac{du_n}{da}=0.$$

Hieraus findet man

$$\frac{du_i}{da}=-\frac{\sum\pm\frac{\partial\psi_2}{\partial u_2}\cdots\frac{\partial\psi_{i-1}}{\partial u_{i-1}}\frac{\partial\psi_i}{\partial a}\frac{\partial\psi_{i+1}}{\partial u_{i+1}}\cdots\frac{\partial\psi_n}{\partial u_n}}{\sum\pm\frac{\partial\psi_2}{\partial u_2}\frac{\partial\psi_3}{\partial u_3}\cdots\frac{\partial\psi_n}{\partial u_n}}.$$

Mit Hilfe des Satzes, dass jede Determinante, unter deren Elementen Aggregate von Ausdrücken sich befinden, in eine Summe von Determinanten mit lauter einfachen Elementen aufgelöst werden kann, lässt sich sowohl der Zähler als Nenner von $\frac{du_i}{da}$ nach Potenzen von a ordnen. Man erhält

$$\sum\pm\frac{\partial\psi_2}{\partial u_2}\cdots\frac{\partial\psi_{i-1}}{\partial u_{i-1}}\frac{\partial\psi_i}{\partial a}\frac{\partial\psi_{i+1}}{\partial u_{i+1}}\cdots\frac{\partial\psi_n}{\partial u_n}=a^{\mu-1}\sum\pm\frac{\partial\psi_2^1}{\partial u_2}\cdots\frac{\partial\psi_{i-1}^1}{\partial u_{i-1}}m_i\psi_i^1\frac{\partial\psi_{i+1}^1}{\partial u_{i+1}}\cdots\frac{\partial\psi_n^1}{\partial u_n}+$$

$$\left\{\Sigma D_k+\sum\pm\frac{\partial\psi_2^1}{\partial u_2}\cdots\frac{\partial\psi_{i-1}^1}{\partial u_{i-1}}(m_i-1)\psi_i^2\frac{\partial\psi_{i+1}^1}{\partial u_{i+1}}\cdots\frac{\partial\psi_n^1}{\partial u_n}\right\}a^{\mu-2}+\ldots$$

$$=p_i a^{\mu-1}+q_i a^{\mu-2}+\ldots$$

Hierin ist $\mu=m_2+m_3+\ldots+m_n-(n-3)$

$$p_i=\sum\frac{\partial\psi_2^1}{\partial u_2}\cdots\frac{\partial\psi_{i-1}^1}{\partial u_{i-1}}m_i\psi_i^1\frac{\partial\psi_{i+1}^1}{\partial u_{i+1}}\cdots\frac{\partial\psi_n^1}{\partial u_n}=\begin{vmatrix}\frac{\partial\psi_2^1}{\partial u_2},\cdots\frac{\partial\psi_2^1}{\partial u_{i-1}}, m_2\psi_2^1, \frac{\partial\psi_2^1}{\partial u_{i+1}}\cdots\frac{\partial\psi_2^1}{\partial u_n}\\ \frac{\partial\psi_3^1}{\partial u_2},\cdots\frac{\partial\psi_3^1}{\partial u_{i-1}}, m_3\psi_3^1, \frac{\partial\psi_3^1}{\partial u_{i+1}}\cdots\frac{\partial\psi_3^1}{\partial u_n}\\ \cdots\\ \frac{\partial\psi_n^1}{\partial u_2},\cdots\frac{\partial\psi_n^1}{\partial u_{i-1}}, m_n\psi_n^1, \frac{\partial\psi_n^1}{\partial u_{i+1}}\cdots\frac{\partial\psi_n^1}{\partial u_n}\end{vmatrix}$$

D_k bezeichnet in q_i eine Determinante, die aus dieser entsteht, indem man in ihrer $(k-1)$ten Colonne den oberen Index 1 von ψ in 2 verwandelt. In ΣD_k nimmt k alle Werthe von 2 bis n mit Ausnahme von i an; ferner ist hierin:

$$\sum \pm \frac{\partial \psi_2^1}{\partial u_2} \cdots \frac{\partial \psi_{i-1}^1}{\partial u_{i-1}} (m_i - 1) \psi_i^2 \frac{\partial \psi_{i+1}^1}{\partial u_{i+1}} \cdots \frac{\partial \psi_n^1}{\partial u_n} = \begin{vmatrix} \frac{\partial \psi_2^1}{\partial u_2}, \cdots \frac{\partial \psi_2^1}{\partial u_{i-1}}, (m_2-1)\psi_2^2, \frac{\partial \psi_2^1}{\partial u_{i+1}} \cdots \frac{\partial \psi_2^1}{\partial u_n} \\ \frac{\partial \psi_3^1}{\partial u_2}, \cdots \frac{\partial \psi_3^1}{\partial u_{i-1}}, (m_3-1)\psi_3^2, \frac{\partial \psi_2^1}{\partial u_{i+1}} \cdots \frac{\partial \psi_3^1}{\partial u_n} \\ \cdots \\ \frac{\partial \psi_n^1}{\partial u_2}, \cdots \frac{\partial \psi_n^1}{\partial u_{i-1}}, (m_n-1)\psi_n^2, \frac{\partial \psi_n^1}{\partial u_{i+1}} \cdots \frac{\partial \psi^1}{\partial u_2} \end{vmatrix},$$

welche Determinante mit π_i bezeichnet werde.

Auf dieselbe Weise erhält man

$$\sum \pm \frac{\partial \psi_2}{\partial u_2} \frac{\partial \psi_3}{\partial u_2} \cdots \frac{\partial \psi_n}{\partial u_n} = x_1^\mu \sum \pm \frac{\partial \psi_2^1}{\partial u_2} \frac{\partial \psi_3^1}{\partial u_3} \cdots \frac{\partial \psi_n^1}{\partial u_n} + x_1^{\mu-1} \sum_k \Sigma \pm \frac{\partial \psi_2^1}{\partial u_2} \cdots \frac{\partial \psi_{k-1}^1}{\partial u_{k-1}} \frac{\partial \psi_2^2}{\partial u_k} \frac{\partial \psi_{k+1}^1}{\partial u_{k+1}} \cdots \frac{\partial \psi_n^1}{\partial u_n}$$

$$+ \ldots$$

$$= \alpha x_1^\mu + \beta x_1^{\mu-1} + \ldots$$

worin die einzelnen Bezeichnungen keiner Erläuterung bedürfen.

Hieraus ergibt sich:

$$\frac{du_i}{da} = -\left\{\frac{p_i}{\alpha} a^{-1} + \frac{q_i \alpha - p_i \beta}{\alpha^2} a^{-2} + \ldots\right\}.$$

Somit ist

$$a^2 \frac{dw}{da} = -\sum_i \frac{\partial w}{\partial u_i} \left[\frac{p_i}{\alpha} a + \frac{q_i \alpha - p_i \beta}{\alpha^2} + \ldots\right].$$

Für $a = \infty$ wird $p_i = D_k = 0$, weil für $u_2, u_3 \ldots u_n$ die simultanen Wurzelsysteme der Gleichungen

$$\psi_2^1 = 0, \quad \psi_3^1 = 0 \ldots \psi_n^1$$

zu substituiren sind. Es ist also

$$lim \left\{a^2 \frac{dw}{da}\right\}_{a=\infty} = -\, lim \sum_i \frac{\partial w}{\partial u_i} \left[\frac{p_i a + \pi_i}{\alpha}\right]_{a=\infty}.$$

Nun ist aber

$$p_i a + \pi_i = \begin{vmatrix} \frac{\partial \psi_2^1}{\partial u_2}, \cdots \frac{\partial \psi_2^1}{\partial u_{i-1}}, m_2(a\psi_2^1 + \psi_2^2), \frac{\partial \psi_2^1}{\partial u_{i+1}} \cdots \frac{\partial \psi_2^1}{\partial u_n} \\ \frac{\partial \psi_3^1}{\partial u_2}, \cdots \frac{\partial \psi_3^1}{\partial u_{i-1}}, m_3(a\psi_3^1 + \psi_3^2), \frac{\partial \psi_3^1}{\partial u_{i+1}} \cdots \frac{\partial \psi_3^1}{\partial u_n} \\ \cdots \\ \frac{\partial \psi_n^1}{\partial u_2}, \cdots \frac{\partial \psi_n^1}{\partial u_{i-1}}, m_n(a\psi_n^1 + \psi_n^2), \frac{\partial \psi_n^1}{\partial u_{i+1}} \cdots \frac{\partial \psi_n^1}{\partial u_n} \end{vmatrix} - \begin{vmatrix} \frac{\partial \psi_2^1}{\partial u_2}, \cdots \frac{\partial \psi_2^1}{\partial u_{i-1}}, \psi_2^2, \frac{\partial \psi_2^1}{\partial u_{i+1}} \cdots \frac{\partial \psi_2^1}{\partial u_n} \\ \frac{\partial \psi_3^1}{\partial u_2}, \cdots \frac{\partial \psi_3^1}{\partial u_{i-1}}, \psi_3^2, \frac{\partial \psi_3^1}{\partial u_{i+1}} \cdots \frac{\partial \psi_3^1}{\partial u_n} \\ \cdots \\ \frac{\partial \psi_n^1}{\partial u_2}, \cdots \frac{\partial \psi_n^1}{\partial u_{i-1}}, \psi_n^2, \frac{\partial \psi_n^1}{\partial u_{i+1}} \cdots \frac{\partial \psi_n^1}{\partial u_n} \end{vmatrix}$$

Da aber für $a = \infty$ und die vollführten Substitutionen an Stelle der $u_2, u_3 \ldots u_n$

$$a\psi_2^1 + \psi_2^2 = 0, \quad a\psi_3^1 + \psi_3^2 = 0 \quad \ldots \quad a\psi_n^1 + \psi_n^2 = 0$$

ist, so ergibt sich:

$$lim\left\{a^2\frac{dw}{da}\right\}_{a=\infty}=\sum_{i=2}^{n}\frac{\partial w}{\partial u_i}\begin{vmatrix}\frac{\partial\psi_2^1}{\partial u_2},\cdots\frac{\partial\psi_2^1}{\partial u_{i-1}},\psi_2^2,\frac{\partial\psi_2^1}{\partial u_{i+1}}\cdots\frac{\partial\psi_2^1}{\partial u_n}\\ \frac{\partial\psi_3^1}{\partial u_2},\cdots\frac{\partial\psi_3^1}{\partial u_{i-1}},\psi_3^2,\frac{\partial\psi_3^1}{\partial u_{i+1}}\cdots\frac{\partial\psi_3^1}{\partial u_n}\\ \cdots\\ \frac{\partial\psi_n^1}{\partial u_2}\cdots\frac{\partial\psi_n^1}{\partial u_{i-1}},\psi_n^2,\frac{\partial\psi_n^1}{\partial u_{i+1}}\cdots\frac{\partial\psi_n^1}{\partial u_n}\end{vmatrix}:\begin{vmatrix}\frac{\partial\psi_2^1}{\partial u_2},\frac{\partial\psi_2^1}{\partial u_3}\cdots\frac{\partial\psi_2^1}{\partial u_n}\\ \frac{\partial\psi_3^1}{\partial u_2},\frac{\partial\psi_3^1}{\partial u_3}\cdots\frac{\partial\psi_3^1}{\partial u_n}\\ \cdots\\ \frac{\partial\psi_n^1}{\partial u_2},\frac{\partial\psi_n^1}{\partial u_3}\cdots\frac{\partial\psi_n^1}{\partial u_n}\end{vmatrix}$$

Man erhält auf diese Weise:

$$\sum\frac{\chi(x_1,x_2\ldots x_n)}{f(x_1,x_2\ldots x_n)}=-\sum\frac{\chi\Delta(\psi_1,\psi_2\ldots\psi_n)}{\psi_1\Delta(f,\psi_2\ldots\psi_n)}+\sum\frac{(A_1\chi_2+A_2\chi_1)f_1\psi_1^1B_1-A_1\chi_1(f_1\psi_1^1B_2+f_2\psi_1^1B_1+f_1\psi_1^2B_1)}{(f_1\psi_1^1B_1)^2}$$

$$-\sum\sum_{i=2}^{n}\frac{\partial}{\partial u_i}\left\{\frac{A_1\chi_1}{f_1\psi_1^1B_1}\right\}\frac{\sum\pm\frac{\partial\psi_2^1}{\partial u_2}\cdots\frac{\partial\psi_{i-1}^1}{\partial u_{i-1}}\psi_i^2\frac{\partial\psi_{i+1}^1}{\partial u_{i+1}}\cdots\frac{\partial\psi_n^1}{\partial u_n}}{\sum\pm\frac{\partial\psi_2^1}{\partial u_2}\frac{\partial\psi_3^1}{\partial u_3}\cdots\frac{\partial\psi_n^1}{\partial u_n}},\qquad 10)$$

worin die Bedeutung der einzelnen Zeichen aus dem Vorhergehenden klar ist. In der linken Seite dieser Gleichung sind für $x_1, x_2\ldots x_n$ die simultanen Wurzelsysteme der Gleichungen:

$$\psi_1(x_1,x_2\ldots x_n)=0,\ \psi_2(x_1,x_2\ldots x_n)=0\ \ldots\ \psi_n(x_1,x_2\ldots x_n)=0,$$

in der ersten Summe der rechten Seite für dieselben Grössen die der Gleichungen:

$$f(x_1,x_2\ldots x_n)=0,\ \psi_2(x_1,x_2\ldots x_n)=0\ \ldots\ \psi_n(x_1,x_2\ldots x_n)=0,$$

in den beiden letzten Summen der rechten Seite sind für die $u_2, u_3\ldots u_n$ die simultanen Wurzelsysteme der Gleichungen:

$$\psi_2^1(u_2,u_3\ldots u_n)=0,\ \psi_3^1(u_2,u_3\ldots u_n)=0\ \ldots\ \psi_n^1(u_2,u_3\ldots u_n)=0$$

zu substituiren.

In der obigen Formel sind noch die Grössen A_1, A_2, B_1, B_2 aus den Coëfficienten der in der angegebenen Weise geordneten Gleichungen

$$\psi_1=0,\ \psi_2=0\ \ldots\ \psi_n=0$$

des Näheren zu bestimmen.

Man erhält auf die schon früher angedeutete Weise für den Coëfficienten A_1 der höchsten Potenz von x_1 in $\Delta(\psi_1,\psi_2\ldots\psi_n)$:

$$A_1=\begin{vmatrix}m_1\psi_1^1,\frac{\partial\psi_1^1}{\partial u_2},\cdots\frac{\partial\psi_1^1}{\partial u_n}\\ m_2\psi_2^1,\frac{\partial\psi_2^1}{\partial u_2},\cdots\frac{\partial\psi_2^1}{\partial u_n}\\ \cdots\\ m_n\psi_n^1,\frac{\partial\psi_n^1}{\partial u_2},\cdots\frac{\partial\psi_n^1}{\partial u_n}\end{vmatrix}$$

Die Summe aller Determinanten, welche aus A_1 gewonnen werden können, indem man darin den oberen Index der ψ irgend einer der $(n-1)$ letzten Colonnen um 1 vergrössert, vermehrt um die Determinante

$$\begin{vmatrix} (m_1-1)\,\psi_1^2, & \frac{\partial \psi_1^1}{\partial u_2} & \cdots & \frac{\partial \psi_1^1}{\partial u_n} \\ (m_2-1)\,\psi_2^2, & \frac{\partial \psi_2^1}{\partial u_2} & \cdots & \frac{\partial \psi_2^1}{\partial u_n} \\ \cdot & \cdot & \cdot & \\ (m_n-1)\,\psi_n^2, & \frac{\partial \psi_n^1}{\partial u_2} & \cdots & \frac{\partial \psi_n^1}{\partial u_n} \end{vmatrix}$$

ist gleich A_2.

Ebenso findet man:

$$B_1 = \begin{vmatrix} \frac{\partial \psi_2^1}{\partial u_2}, & \frac{\partial \psi_2^1}{\partial u_3} & \cdots & \frac{\partial \psi_2^1}{\partial u_n} \\ \frac{\partial \psi_3^1}{\partial u_2}, & \frac{\partial \psi_3^1}{\partial u_3} & \cdots & \frac{\partial \psi_3^1}{\partial u_n} \\ \cdot & \cdot & \cdot & \\ \frac{\partial \psi_n^1}{\partial u_2}, & \frac{\partial \psi_n^1}{\partial u_3} & \cdots & \frac{\partial \psi_n^1}{\partial u_n} \end{vmatrix}$$

Erhöht man in dieser Determinante B_1 den oberen Index der ψ in einer Colonne um 1, so gibt die Summe aller Determinanten, welche auf diese Weise aus B_1 gebildet werden können: B_2.

Die Grössen A_1, A_2, B_1, B_2 der Formel 10) gehen nun aus diesen hervor, indem man in ihnen für $u_2, u_3 \ldots u_n$ die simultanen Wurzelsysteme der Gleichungen:

$$\psi_2^1(u_2, u_3 \ldots u_n) = 0, \;\; \psi_3^1(u_2, u_3 \ldots u_n) = 0 \;\ldots\; \psi_n^1(u_2, u_3 \ldots u_n) = 0$$

substituirt. Man erhält dadurch für die Grössen A_1, A_2, B_1, B_2 der Formel:

$$A_1 = m_1\,\psi_1^1 \begin{vmatrix} \frac{\partial \psi_2^1}{\partial u_2}, & \frac{\partial \psi_2^1}{\partial u_3} & \cdots & \frac{\partial \psi_2^1}{\partial u_n} \\ \frac{\partial \psi_3^1}{\partial u_2}, & \frac{\partial \psi_3^1}{\partial u_3} & \cdots & \frac{\partial \psi_3^1}{\partial u_n} \\ \cdot & \cdot & \cdot & \\ \frac{\partial \psi_n^1}{\partial u_2}, & \frac{\partial \psi_n^1}{\partial u_3} & \cdots & \frac{\partial \psi_n^1}{\partial u_n} \end{vmatrix} = m_1\,\psi_1^1\,B_1$$

$$A_2 = \begin{vmatrix} (m_1-1)\,\psi_1^2, & \frac{\partial \psi_1^1}{\partial u_2} & \cdots & \frac{\partial \psi_1^1}{\partial u_n} \\ (m_2-1)\,\psi_2^2, & \frac{\partial \psi_2^1}{\partial u_2} & \cdots & \frac{\partial \psi_2^1}{\partial u_n} \\ \cdot & \cdot & \cdot & \\ (m_n-1)\,\psi_n^2, & \frac{\partial \psi_n^1}{\partial u_2} & \cdots & \frac{\partial \psi_n^1}{\partial u_n} \end{vmatrix} + m_1\,\psi_1^1\,B_2 = D + m_1\,\psi_1^1\,B_1,$$

wo D die Determinante bezeichne.

Die Grössen B_1, B_2 bewahren auch nach der angegebenen Substitution für $u_2, u_3 \ldots u_n$ ihre ursprüngliche Form.

IX.

Mittelst der Formel 10) lässt nun auch Σx_1, d. h. der Coëfficient des zweiten Gliedes der Endgleichung der $\psi_1^1=0$, $\psi_2\ldots\psi_n=0$ nach x_1 bestimmen.

Setzt man nämlich

$$\chi(x_1, x_2\ldots x_n)=x_1\,x_2\ldots x_n=x_1^n\quad u_2\,u_3\ldots u_n,$$

$$f(x_1, x_2\ldots x_n)=x_2\,x_3\ldots x_n=x_1^{n-1}\,u_2\,u_3\ldots u_n$$

so gibt die linke Seite der Formel $\Sigma\,x_1$. Auf der rechten Seite wird

$$\sum\frac{\chi\,\Delta(\psi_1.\psi_2\ldots\psi_n)}{\psi_1\,\Delta(f,\,\psi_2\ldots\psi_n)}=0$$

$$\frac{(A_1\chi_2+A_2\chi_1)f_1\,\psi_1^1\,B_1-(f_1\,\psi_1^1\,B_2+f_2\,\psi_1^1\,B_1+f_1\,\psi_1^2\,B_1)\,A_1\,\chi_1}{(f_1\,\psi_1^1\,B_1)^2}=\frac{A_2\,\psi_1^1\,B_1-A_1\,(\psi_1^1\,B_2+\psi_1^2\,B_2)}{(\psi_1^1\,B_1)^2}$$

$$=\frac{D-m_1\,\psi_1^2\,B_1}{\psi_1^1\,B_1},$$

wo sich

$$D-m_1\,\psi_1^2\,B_1=\begin{vmatrix} -\psi_1^2, & \frac{\partial\psi_1^1}{\partial u_2}\ldots & \frac{\partial\psi_1^1}{\partial u_n} \\ (m_2-1)\,\psi_2^2, & \frac{\partial\psi_2^1}{\partial u_2}\ldots & \frac{\partial\psi_2^1}{\partial u_n} \\ \cdots & & \\ (m_n-1)\,\psi_n^2, & \frac{\partial\psi_n^1}{\partial u_n}\ldots & \frac{\partial\psi_n^1}{\partial u_n} \end{vmatrix}$$

ergibt. Vom dritten Gliede der Formel 10) ist

$$\frac{\partial}{\partial u_i}\left(\frac{A_1\,\chi_1}{f_1\,\psi_1^1\,B_1}\right)=\frac{\partial}{\partial u_i}\left(\frac{A_1}{\psi_1^1\,B_1}\right)=\frac{\psi_1^1\,B_1\,\frac{\partial A_1}{\partial u_i}-A_1\left(B_1\,\frac{\partial\psi_1^1}{\partial u_i}+\psi_1^1\,\frac{\partial B_1}{\partial u_i}\right)}{(\psi_1^1\,B_1)^2}.$$

Es ist aber, wie man leicht findet

$$\frac{\partial A_1}{\partial u_i}=\begin{vmatrix} m_1\,\frac{\partial\psi_1^1}{\partial u_i}, & \frac{\partial\psi_1^1}{\partial u_2}\ldots & \frac{\partial\psi_1^1}{\partial u_n} \\ m_2\,\frac{\partial\psi_2^1}{\partial u_i}, & \frac{\partial\psi_2^1}{\partial u_2}\ldots & \frac{\partial\psi_2^1}{\partial u_n} \\ \cdots & & \\ m_n\,\frac{\partial\psi_n^1}{\partial u_i}, & \frac{\partial\psi_n^1}{\partial u_2}\ldots & \frac{\partial\psi_n^1}{\partial u_n} \end{vmatrix}+m_1\,\psi_1^1\,\frac{\partial B_1}{\partial u_i},$$

also

$$\frac{\partial}{\partial u_i}\left(\frac{A_1\,\chi_1}{f_1\,\psi_1\,B_1}\right)=-\frac{d_i-m_1\,B_1\,\frac{\partial\psi_1^1}{\partial u_i}}{\psi_1^1\,B_1}$$

wenn die vorhergehende Determinante der Kürze halber mit d_i bezeichnet wird. Somit ist

$$\sum_{i=2}^{n} \frac{\partial}{\partial u_i}\left(\frac{A_1 \chi_1}{f_1 \psi_1^1 B_1}\right) \frac{\sum \pm \frac{\partial \psi_2^1}{\partial u_2} \cdots \frac{\partial \psi_{i-1}^1}{\partial u_{i-1}} \psi_i^2 \frac{\partial \psi_{i+1}^1}{\partial u_{i+1}} \cdots \frac{\partial \psi_n^1}{\partial u_n}}{\sum \pm \frac{\partial \psi_2^1}{\partial u_2} \frac{\partial \psi_3^1}{\partial u_3} \cdots \frac{\partial \psi_n^1}{\partial u_n}} = \sum_{i=2}^{n} \frac{d_i - m_1 B_1 \frac{\partial \psi_1^1}{\partial u_i}}{\psi_1^1 B_1} \frac{\sum \pm \frac{\partial \psi_2^1}{\partial u_2} \cdots \frac{\partial \psi_{i-1}^1}{\partial u_{i-1}} \psi_i^2 \frac{\partial \psi_{i+1}^1}{\partial u_{i+1}} \cdots \frac{\partial \psi_n^1}{\partial u_n}}{\sum \pm \frac{\partial \psi_2^1}{\partial u_2} \frac{\partial \psi_3^1}{\partial u_3} \cdots \frac{\partial \psi_n^1}{\partial u_n}}.$$

Hierin ist $d_i - m_1 B_1 \frac{\partial \psi_1^1}{\partial u_i}$ wieder eine einzige Determinante δ_i, nämlich:

$$\delta_i = d_i - m_1 B_1 \frac{\partial \psi_1^1}{\partial u_i} = \begin{vmatrix} 0 & , \frac{\partial \psi_1^1}{\partial u_2} \cdots \frac{\partial \psi_1^1}{\partial u_n} \\ m_2 \frac{\partial \psi_2^1}{\partial u_i}, & \frac{\partial \psi_2^1}{\partial u_2} \cdots \frac{\partial \psi_2^1}{\partial u_n} \\ \cdot & \cdot \quad \cdot \\ \cdot & \cdot \quad \cdot \\ m_n \frac{\partial \psi_n^1}{\partial u_i}, & \frac{\partial \psi_n^1}{\partial u_2} \cdots \frac{\partial \psi_n^1}{\partial u_n} \end{vmatrix}$$

Die gewonnenen Ausdrücke der Formel lassen sich noch weiter vereinfachen. Bezeichnet A_1^k die Subdeterminante von $m_k \psi_k^2$ in A_1, B_i^k, die von $\frac{\partial \psi_k^1}{\partial u_i}$ in B_1, so ist

$$\delta_i = \sum_{k=2}^{n} m_k \frac{\partial \psi_k^1}{\partial u_i} A_1^k$$

$$\Sigma \pm \frac{\partial \psi_2^1}{\partial u_2} \cdots \frac{\partial \psi_{i-1}^1}{\partial u_{i-1}} \psi_i^2 \frac{\partial \psi_{i+1}^1}{\partial u_{i+1}} \cdots \frac{\partial \psi_n^1}{\partial u_n} = \sum_{\lambda=2}^{n} \psi_\lambda^2 B_i^\lambda,$$

daher ist

$$\sum_{i=2}^{n} \delta_i \Sigma \pm \frac{\partial \psi_2^1}{\partial u_2} \cdots \frac{\partial \psi_{i-1}^1}{\partial u_{i-1}} \psi_i^2 \frac{\partial \psi_{i+1}^1}{\partial u_{i+1}} \cdots \frac{\partial \psi_n^1}{\partial u_n} = \sum_{i=2}^{n} \left(\sum_{k=2}^{n} m_k \frac{\partial \psi_k^1}{\partial u_i} A_1^k \sum_{\lambda=2}^{n} \psi_\lambda^2 B_i^\lambda \right)$$

$$= \sum_{k=2}^{n} \sum_{i=2}^{n} m_k \psi_k^2 \left(\frac{\partial \psi_k^1}{\partial u_i} B_i^k \right) A_1^k + \sum_{i=2}^{n} \sum_{k} \sum_{\lambda} m_k \psi_\lambda^2 A_1^k \left(\frac{\partial \psi_k^1}{\partial u_i} B_i^\lambda \right)$$

wo die k und λ der dreifachen Summe nur mehr lauter von einander verschiedene Werthe der Reihe 2 bis n annehmen können. Nach der Bedeutung der Zeichen B_i^k, A_1^k und B_i^λ ist aber

$$\sum_{k=2}^{n} \sum_{i=2}^{n} m_k \psi_k^2 \left(\frac{\partial \psi_k^1}{\partial u_i} B_i^k \right) A_1^k = \sum_{k=2}^{n} \left(m_k \psi_k^2 A_1^k \sum_{i=2}^{n} \frac{\partial \psi_k^1}{\partial u_i} B_i^k \right) = B_1 \sum_{i=2}^{n} m_k \psi_k^2 A_1^k$$

$$= B_1 \begin{vmatrix} 0, & \frac{\partial \psi_1^1}{\partial u_2}, \cdots & \frac{\partial \psi_1^1}{\partial u_n} \\ m_2 \psi_2^2, & \frac{\partial \psi_2^1}{\partial u_2}, \cdots & \frac{\partial \psi_2^1}{\partial u_n} \\ \cdot & \cdot & \cdot \\ \cdot & \cdot & \cdot \\ m_n \psi_u^2, & \frac{\partial \psi_3^1}{\partial u_2}, \cdots & \frac{\partial \psi_n^1}{\partial u_n} \end{vmatrix}$$

und

$$\sum_{i=2}^{n}\sum_{k}\sum_{\lambda} m_k\,\psi_\lambda^2\,A_1^k\left(\frac{\partial\psi_k^1}{\partial u_i}B_i^\lambda\right)=0,$$

weil

$$\sum_{i=2}^{n}\frac{\partial\psi_k^1}{\partial u_i}B_i^\lambda=0.$$

Somit ist:

$$\sum_{i=2}^{n}\frac{\partial}{\partial u_i}\left(\frac{A_1\chi_1}{f_1\psi_1^1 B_1}\right)\frac{\sum\pm\frac{\partial\psi_2^1}{\partial u_2}\cdots\frac{\partial\psi_{i-1}^1}{\partial u_{i-1}}\psi_i^2\frac{\partial\psi_{i+1}^1}{\partial u_{i+1}}\cdots\frac{\partial\psi_n^1}{\partial u_n}}{\sum\pm\frac{\partial\psi_2^1}{\partial u_2}\frac{\partial\psi_3^1}{\partial u_3}\cdots\frac{\partial\psi_n^1}{\partial u_n}}=\begin{vmatrix}0, & \frac{\partial\psi_1^1}{\partial u_2},\cdots & \frac{\partial\psi_1^1}{\partial u_n}\\ m_2\psi_2^2, & \frac{\partial\psi_2^1}{\partial u_2},\cdots & \frac{\partial\psi_2^1}{\partial u_n}\\ \cdots & & \\ \cdots & & \\ m_n\psi_n^2, & \frac{\partial\psi_n^1}{\partial u_2},\cdots & \frac{\partial\psi_n^1}{\partial u_n}\end{vmatrix}:\psi_1^1 B_1,$$

folglich ergibt die Substitution dieser Ausdrücke in (10)

$$\Sigma x_1=\sum\left\{\begin{vmatrix}-\psi_1^2 & \frac{\partial\psi_1^1}{\partial u_2},\cdots & \frac{\partial\psi_1^1}{\partial u_n}\\ (m_2-1)\psi_2^2, & \frac{\partial\psi_2^1}{\partial u_2},\cdots & \frac{\partial\psi_2^1}{\partial u_n}\\ \cdots & & \\ \cdots & & \\ (m_n-1)\psi_n^2, & \frac{\partial\psi_n^1}{\partial u_2},\cdots & \frac{\partial\psi_n^1}{\partial u_n}\end{vmatrix}-\begin{vmatrix}0, & \frac{\partial\psi_1^1}{\partial u_2},\cdots & \frac{\partial\psi_1^1}{\partial u_n}\\ m_2\psi_2^2, & \frac{\partial\psi_2^1}{\partial u_2},\cdots & \frac{\partial\psi_2^1}{\partial u_n}\\ \cdots & & \\ \cdots & & \\ m_n\psi_n^2, & \frac{\partial\psi_n^1}{\partial u_2},\cdots & \frac{\partial\psi_n^1}{\partial u_n}\end{vmatrix}\right\}:\psi_1^1 B_1,$$

oder

$$\Sigma x_1=-\sum\begin{vmatrix}\psi_1^2, & \frac{\partial\psi_1^1}{\partial u_2},\cdots & \frac{\partial\psi_1^1}{\partial u_n}\\ \psi_2^2, & \frac{\partial\psi_2^1}{\partial u_2},\cdots & \frac{\partial\psi_2^1}{\partial u_u}\\ \cdots & & \\ \cdots & & \\ \psi_n^2, & \frac{\partial\psi_2^1}{\partial u_2},\cdots & \frac{\partial\psi_n^1}{\partial u_n}\end{vmatrix}:\psi_1^1\begin{vmatrix}\frac{\partial\psi_2^1}{\partial u_2}, & \frac{\partial\psi_2^1}{\partial u_3},\cdots & \frac{\partial\psi_2^1}{\partial u_n}\\ \frac{\partial\psi_3^1}{\partial u_2}, & \frac{\partial\psi_3^1}{\partial u_3},\cdots & \frac{\partial\psi_3^1}{\partial u_n}\\ \cdots & & \\ \frac{\partial\psi_n^1}{\partial u_2}, & \frac{\partial\psi_n^1}{\partial u_3},\cdots & \frac{\partial\psi_n^1}{\partial u_n}\end{vmatrix}$$

Hierin bezeichnet die Summe links vom Gleichheitszeichen die Summe aller x_1 der simultanen Wurzelsysteme der Gleichungen:

$$\psi_1(x_1, x_2\ldots x_n)=0,\ \psi_2(x_1, x_2\ldots x_n)=0\ \ldots\ \psi_n(x_1, x_2\ldots x_n)=0,$$

die Summe rechts erstreckt sich über die Substitutionen aller simultanen Wurzelsysteme der Gleichungen:

$$\psi_2^1(u_2, u_3\ldots u_n)=0,\ \psi_3^1(u_1, u_2\ldots u_n)=0\ \ldots\ \psi_n^1(u_2, u_3\ldots u_n)=0$$

an Stelle der $u_2, u_3\ldots u_n$.

Diese Formel wurde in etwas anderer Gestalt schon von Lionville gegeben. Sie führt die Berechnung des Coëfficienten des zweiten Gliedes einer Endgleichung von n Gleichungen zurück auf die Bestimmung einer symmetrischen Function von $(n-1)$ Gleichungen.

In ganz analoger Weise lässt sich die Formel 8) auch für den Fall erweitern, dass $\chi(x_1, x_2 \ldots x_n)$ um zwei Grade höher ist, als $f(x_1, x_2 \ldots x_n)$. Die hiezu nöthigen Rechnungen nehmen aber eine etwas unerquickliche Ausdehnung an, weshalb ich die Ausführung derselben unterlasse, umsomehr als der Gang der Rechnung sich nach dem Vorhergehenden vollkommen übersehen lässt.

DIE ABDOMINALEN

TYMPANALORGANE DER CIKADEN UND GRYLLODEEN.

VON

DR. VITUS GRABER,

PRIVATDOCENT FÜR ZOOLOGIE AN DER UNIVERSITÄT ZU GRAZ.

(Mit 2 Tafeln.)

VORGELEGT IN DER SITZUNG DER MATHEMATISCH-NATURWISSENSCHAFTLICHEN CLASSE AM 13. JÄNNER 1876.

Tympanale oder trommelfellartige Membranen, das sind verdünnte, meist scharf umschriebene und eigenartig angepasste Stellen der Körperdecke, welche durch gewisse Lufterschütterungen oder durch den intermittirenden Zug besonderer Muskeln leicht in Schwingung gerathen und diese ihrer Umgebung mittheilen, finden sich in keiner Abtheilung des Thierreiches so häufig und in so mannigfacher Form und Verwendung, wie bei den Insecten, bei welchen theils die physikalische Beschaffenheit des Integumentes, theils der Bau und die Verbreitung der zur Respiration bestimmten Lufträume ganz vorzügliche Bedingungen für die Ausbildung, ja man darf sagen, für die noch fort und fort stattfindende Neubildung derartiger oscillatorischer Häute darbietet.

Wenn wir von jenen ihrer Wirkung nach so viel wie gar nicht gewürdigten Integumentverdünnungen, welche einer angrenzenden Tracheenerweiterung behufs einer ausgiebigeren Respiration einen grösseren Spielraum gestatten (Trommelfelle der Heuschrecken, Spiegelhäutchen der Cikaden), vorläufig absehen, beziehungsweise die anderen Functionen derselben ins Auge fassen, so ist bekannt, dass es sich da um zweierlei handelt.

Von der einen Gattung dieser Trommelhäutchen steht es fest, dass sie Schalle erregen, resp. die in ihrer weiteren oder unmittelbaren Nachbarschaft durch Aneinanderreibung derberer Hautpartien verursachten Schallvibrationen durch Resonanz verstärken, beziehungsweise moduliren (Spiegelfeld der Laubheuschrecken und Gryllodeen, Tamburin der Cikaden), während man mit vieler Wahrscheinlichkeit, wenn auch nicht mit vollkommener Gewissheit, andere und den tongebenden Membranen oft täuschend ähnliche[1], oder besser g e n a u c o r r e s p o n d i r e n d e Integumentbezirke (tibiale Tympana der Locustinen und Gryllodeen, abdominale Trommelfelle der Acridier) für Schallüberträger, also für akustische Hilfsvorrichtungen ansieht, wie sie den höheren.

---

[1] Kirby (Einleitung in die Entomologie, pag. 456) drückt dies in seiner Weise so aus: „Der grosse Schöpfer hat in diese Kerfe (Cikaden) ein O r g a n z u r B i l d u n g und A u s s t o s s u n g von T ö n e n gegeben, welches in der mannigfaltigen Zusammensetzung seines Baues demjenigen zu gleichen scheint, das Er dem Menschen und den grösseren Thieren zum W a h r n e h m e n der Töne gegeben hat."

zumal den dasselbe Medium wie die Insecten bewohnenden Thieren zukommen. Nachdem die Flügeltympana der Grillen und Laubheuschrecken (*Digastria*) schon hinreichend bekannt und die überaus merk- und denkwürdigen tympanalen Sinnesapparate auch bereits Gegenstand einer zwar bei Weitem nicht erschöpfenden aber doch vielseitigen Arbeit[1] gewesen sind, bleiben uns von diesem ganzen Capitel der Insecten-Tympanalorgane nur die betreffenden als Stridulationswerkzeuge agirenden Organe der Cikaden, sowie die seltsamen trommelfellartigen Abdominalbildungen der Gryllodeen für ein näheres Studium übrig, das, wie sich zeigen wird, in mehrfacher Beziehung Interesse bietet, ja möglicher Weise auch für die Erklärung der tympanalen Sinnesapparate Bedeutung erlangen kann.

I. Tympanalorgane der Cikaden.

Wir würden wohl schwerlich an die Toninstrumente der viel besungenen und besprochenen Cikaden gerathen sein, wenn einerseits nicht ein in der Insectenanatomie viel erfahrener deutscher Forscher, nämlich Herr H. Landois[2], die bislang allgemein für richtig erkannte Ansicht über die Entstehung der Lautäusserungen der Cikaden für vollkommen grundlos erklärt hätte, und wenn andererseits nicht die jüngst erschienene Arbeit des Sigr. Dr. Cesare Lepori[3], welche gegen Landois zu Felde zieht, und, die alte Reaumur'sche Anschauung wieder in ihr Recht einsetzend, eine möglichst exacte und „den Geist der für diesen Gegenstand interessirten Naturforscher vollkommen zufriedenstellende Beschreibung“ verspricht, Vieles zu wünschen übrig, ja sich auch sehr wesentliche Unrichtigkeiten zu Schulden kommen liesse.

Eine namhafte Ergänzung der bisher über den fraglichen Stridulationsapparat bekannt gewordenen Daten verdient aber vor allem die morphologische Deutung seiner einzelnen Bestandtheile und dann der Bau der tonerzeugenden Trommelhaut selbst, welche die früheren Autoren nur ganz im Allgemeinen beschrieben haben, so dass eine eigentliche Erklärung über die Entstehung der bekannten Lautäusserungen gar nicht gegeben werden konnte.

Die erste und bis auf heute noch immer die beste Beschreibung und bildliche Darstellung der betreffenden Organe verdanken wir bekanntlich Reaumur[4]. Da uns aber das betreffende Opus im Augenblicke nicht zu Gebote steht, so sind wir auf die von Kirby zusammengestellten Daten verwiesen, welche uns übrigens eine bessere allgemeine Orientirung gestatten, als dies eine detaillirtere Wiedergabe der vorwiegend polemischen Arbeit Lepori's vermöchte.

Auf der Unterseite des Bauches der Cikadenmännchen bemerkt man, schreibt Kirby, ein Paar grosse, derbe, lederartige Platten (Fig 3 und 5 sch_3), bei einigen (z. B. *Cicada plebeja*, auf welche sich unsere Angaben fast ausschliesslich beziehen) halb eiförmig, bei anderen dreieckig, bei noch anderen wie ein Kreisabschnitt von verschiedenem Durchmesser. Diese Platten oder Schuppen bedecken den Grund des Bauches. Dieses sind die Trommeldeckel, unter welchen der Ton hervorkommt. Am Grunde der hinteren Beine, hart über (?) jedem Deckel ist ein kleiner stachelartiger Fortsatz mit breiter dreieckiger Basis (Fig. 3*b*), welcher nach Reaumur verhindern soll, dass sie zu hoch aufgehoben werden. Nimmt man einen Deckel weg (Fig. 2 sch_3), so findet man darunter an der äusseren Seite eine Höhle (Fig. 2 und 4 *H*) mit einer schmalen, halbmondförmigen Mündung, welche sich (nach oben, lateralwärts) in das Innere des Bauches zu öffnen scheint. Auf der inneren (richtiger unteren oder ventralen) Seite ist eine andere unregelmässige Aushöhlung oder Vertiefung (Fig. 1 und 2 *bi*), deren Boden (richtiger Decke) in drei Stücke (Fig. 1, 2 und 5 *g*, b_1, *Sp*) getheilt ist, wovon das hintere, der Spiegel (Fig. 2, 3, 4 und 7 *Sp*) mit einer straff gespannten, bei einigen Gattungen vollkommen durchsichtigen, bei anderen nur durchscheinenden spiegelglatten, dünnen und meist schön irisirenden Haut überzogen ist.

[1] Denkschriften der kais. Ak. d. Wissenschaften Bd. 36, und mein Buch „Organismus der Insecten“ München, bei Oldenbourg, 1876.

[2] Thierstimmen, Freiburg, Herder'sche Verlagshandlung, 1874.

[3] Nuove Ricerche anatomiche e fisiologiche sopra l'organo sonoro delle Cigale. (Bullett. Soc. ital. I., 1869.)

[4] Histoire nat. des Insectes. V. Bd. Vergl. auch Goureau's Essai sur la stridulation des Insectes. Pl. 4, fig. 13, 14, 15. (Ann. d. la soc. ent. France, 1. sér.)

Das mittlere Stück (Fig. 1, 2, 4 und 7 b_1) ist eine feste hornige Platte, welche söhlig liegt und den Boden (Decke) der Höhle bildet. An der inneren (frei in das Körperlumen, beziehungsweise in die Tracheenblase hineinragenden) Seite endigt diese Schiene in einen dünnen von vorne nach hinten ansteigenden Kamm (Fig. 7 *k*, 4 und 5 b_1). Zwischen dieser Bauchschiene und der Brust liegt noch eine andere, quergefaltete dehnbare (Gelenks)-Haut (Fig. 1, 2, 3 und 5 *g*).

Aber dieser ganze bisher beschriebene Apparat reicht nicht hin, den Ton dieser Kerfe hervorzubringen; es ist jetzt noch ein viel wichtigerer und sonderbarerer zu beschreiben, der sich nur durch Zerlegung zur Ansicht bringen lässt. Hat man ein Stück von der ersten und zweiten Rückenschiene, welche über den Trommeln liegen, weggenommen, so fallen zwei Muskelbündel (Fig. 4 *M*) in die Augen, welche unter einem spitzen (ungefähr 80° betragenden) Winkel aneinanderstossen und mit dem anderen Ende an der Spitze (dem hinteren Ende!) der ersten Bauchschiene befestigt sind.

In Reaumur's Exemplar scheinen diese Muskelbündel (vergl. auch den Längsdurchschnitt in Fig. 5 *M*) walzig gewesen zu sein, bei einem aber, welches ich (Kirby) zerlegte, waren sie röhrenförmig (?), und das Ende (Fig. 8 *M*, *S*), an welchem die wahre Trommel (Fig. 4 *T*) hängt, war weiter. Diese Bündel bestehen aus einer ungeheuren (!) Menge Muskelfasern, welche dicht aneinander liegen, aber sich leicht trennen lassen. Während Reaumur sie untersuchte und ein Bündel mit einer Nadel verrückte, so entstand sogleich der gewöhnliche bekannte Ton, als er es wieder fahren liess, obgleich das Thier seit langer Zeit todt war. Sind die vorbeschriebenen schuppenartigen Bauchplatten weggenommen, so bemerkt man (wie schon erwähnt) auf jeder Seite der Trommelhöhlen eine andere, mondförmige Höhle, welche sich „in das Innere“ des Bauches öffnet (Fig. 2 und 4 *H*). In dieser lateralen Höhlung befindet sich die wahre Trommel, das Hauptorgan des Tones. Wenn die Cikade nicht im Stande ist, ihre Töne selbst zu moduliren, so sind Theile genug vorhanden, welche es für dasselbe thun; denn die Spiegel, die (Gelenks)-Häute (?) und die Centralstücke, nebst ihren Höhlen, alle helfen dabei. Wenn man den Seitentheil der ersten Rückenschiene des Abdomens (Fig. 2 *D*) wegnimmt, so entdeckt man in der (nun aufgedeckten) zuletzt beschriebenen Höhle (Fig. 1 *H*) eine fast undurchsichtige und beinahe halbzirkelförmige concav-convexe Haut mit Querfalten, die eigentliche Trommel. Jedes der vorher beschriebenen Muskelbündel endigt in eine fast scheibenförmige, sehnige Platte (Fig. 7, 8 und 9 *S*), von welcher mehrere (eine etwas veraltete und ungenaue Darstellung!) kleine Flechsen abgehen, die einen Draht bilden, der durch eine Öffnung (Fig. 8 *a*) in dem hornigen Stücke, das die Trommel trägt (Fig, 9 *d*), läuft, und an ihrer unteren (d. h. dem Körperlumen zugewandten) oder concaven Fläche befestigt ist [1].

Werden die Muskelbündel abwechselnd und rasch verkürzt und erschlafft, so ziehen sie durch ihr Spiel die Trommel ein und aus. Auf diese Weise wird beim Einziehen die convexe Fläche concav, und der Ton entsteht dadurch, dass sie beim Erschlaffen der Muskeln ihre Convexität wieder herzustellen sucht.

Soweit Kirby, beziehungsweise Reaumur.

Bei diesem ganzen klaren Sachverhalte und dem Umstande, dass nach Reaumur's mitgetheilter Beobachtung eine Zerrung der beschriebenen Muskeln das Trommelfell tönend macht, ist es gewiss sehr auffallend, warum sich Landois mit dieser auch von anderen sehr gewiegten italienischen Entomologen wie Malpighi und Pontedera getheilten Erklärungsweise nicht zufrieden gab. Er sagt allerdings, dass er auf Reaumur's Auseinandersetzungen deshalb wenig Vertrauen setze, weil dieser keine lebenden Cikaden unter-

---

[1] In seiner Arbeit „Über ein dem sogenannten Tonapperat der Cikaden analoges Organ bei den hiesigen Gryllen (Zeitschrift f. wissensch. Zoologie Bd. 22, pag. 348) thut H. Landois mit Rücksicht auf den von Kirby so deutlich angegebenen Sachverhalt folgenden befremdenden Ausspruch:

„Der Trommelmuskel ist stark chitinisirt und wurde von älteren Forschern einfach als Chitinstäbchen (?) gedeutet. Die Muskelstructur (!) desselben kann nach der mikroskopischen Untersuchung durchaus nicht zweifelhaft sein. Wegen seiner starken Chitinisirung kann dieses Stäbchen nicht contrahirt werden.“ Also ein Muskel, der nicht contrahirt werden kann! —

sucht habe; allein mit Recht bemerkt Sigr. Lepori, dass dies bei Herrn Landois auch der Fall gewesen zu sein scheint, da er seinen eigenen Untersuchungen eine exotische Cikade zu Grunde legte.

Landois' Angaben sind nun in Kürze folgende. Der von den älteren Autoren als Tonwerkzeug beschriebene Apparat gehört nach ihm nicht dem 1. Hinterleibsring, sondern — dem Metathorax an. Die muschelförmigen Trommelfelle wären am Metathoraxring vollständig festgewachsen. „Die Befestigung geschieht einerseits durch einen starken Chitinbalken (das Mittelstück Reaumur's) mit der Scheidewand der Spiegelhöhlen, andererseits durch einen Ring des muschelförmigen Gebildes selbst. Dieser Ring ist eingelassen in der Seite der Leibeswand und nur das gefaltete Häutchen (die Trommel) ragt halbkugelig hervor, nach oben geschützt durch die starke Seitenwand der — Hinterbrust (Fig. 2 *D*). Dadurch fällt die Behauptung Reaumur's und seiner Nachfolger schon von selbst; denn ein so festgewachsenes Organ kann durch Muskeln nicht aus seiner Lage gebracht werden. Eine solche ruckweise stattfindende Muskelthätigkeit, wie sie hier supponirt wird, ist auch an und für sich ohne Gegenstück in der Natur."

Um vorläufig nur die Stichhältigkeit dieser letzten Äusserungen Landois' zu prüfen, so hat Reaumur ja nicht eine Ortsveränderung der festgewachsenen Trommeleinfassung, sondern nur jene des gefalteten Häutleins wie wir gehört nicht blos angenommen, sondern in der That gesehen und die damit unzertrennlich verknüpfte Lautäusserung sicher constatirt. Betreffs der angeblichen Unwahrscheinlichkeit einer ruckweisen Muskelthätigkeit hat es wohl kaum der Erinnerung von Sigr. Lepori und Prof. Cav. Targ. Tozzetti bedurft, um zu wissen, dass derartige Muskelcontractionen sehr allgemeine Erscheinungen sind. Und wozu, muss man wohl auch fragen, sollten die auffallend dicken Trommelmuskeln denn anderes dienen, als diese anzuziehen, umsomehr, als hiezu eine kunstvoll ausgeführte Sehne als Handhabe nachgewiesen ist.

„Geleitet durch meine zahlreichen Beobachtungen an den Brummapparaten der Fliegen und Mücken, fährt Landois dann fort, wendete ich, nachdem ich die übrigen anatomischen Verhältnisse genau studirt, meine Aufmerksamkeit auf die Luftlöcher des Metathorax (Fig. 1, 2, 3 st_2), die bisher von den Forschern völlig unberücksichtigt geblieben waren. Ich erkläre mir diesen Umstand aus der versteckten Lage der Stigmen selbst. Bei einer bedeutenden Längenausdehnung sind sie mit einer schmalen spaltenförmigen Öffnung versehen und auf ihren verdickten Rändern stehen mehrere Haare (Fig. 14 st_2), die an der einen Seite kurz, an der rechten (hinteren Fig. 12 *h*) viel länger sind. In dem steiferen Chitinrande der Stigmen sind die bei 0·134 Mm. breiten Stimmbänder angebracht, die nur einen sehr schmalen Spalt zum Austritt der Luft frei lassen. Ich fand bei keinem einzigen Insecte anderer Gattungen (was soll das heissen?) einen derartigen Stigmenbau wieder vor."

„Vergleichen wir nun, fährt Landois weiter fort, die aufgefundenen Theile des Tonapparates mit denen der Fliegen, etwa der Brummfliege, so finden wir alle Theile analog wieder," wobei Landois die fiedrigen Blätter der Brummhöhle der Brummfliege den tympanalen Bauchschuppen der Cikaden vergleicht! —

Dass der ausserordentlich laute und durchdringende Ton der Cikaden wirklich durch die „Stimmbänder" des „Schrillstigmas" hervorgebracht wird, glaubt dann Landois mit Hilfe einer Art primitiven aus einem Grashalm gefertigten Hirtenpfeife beweisen zu können, auf der man einen sehr lauten Ton von „schrillend flötender Klangfarbe" blasen kann.

Nachdem Landois noch behauptet, dass die Stimmbänder der Cikadenweibchen auf ein Minimum reducirt wären, dass sich aber ausser den Spiegeln auch deutliche Spuren der muschelförmigen Organe auch bei diesen vorfinden, schliesst er mit den Worten: „Da der Ton der Cikaden durch die Respirationswerkzeuge hervorgebracht wird, so muss er Stimme genannt werden; und wir können kein Veto mehr einlegen, wenn Jemand, der die laute Stimme der Cikaden für klangvoll, sonor und angenehm hält, dieselbe einen Gesang nennen will. So kommt man endlich oft durch genaue mikroskopische Studien wieder auf das zurück, was die Völker vor Jahrtausenden richtig geahnt und benannt haben."

Wenn Landois zunächst meint, dass die Cikadenstigmen vor ihm Niemand untersucht habe, so ist dies nicht ganz richtig, Burmeister wenigstens gibt ihre Lage sehr genau an. Übrigens liegen die

„Schrillstigmen." sogut wie die ganz gleichgeformten der Vorderbrust (Fig. 1, st_1) nicht „unter", sondern über den Beinen, in derselben Höhe mit den Flügelgelenken. Haare, wie sie Landois beschreibt, finden sich an den Stigmenrändern in der That, bemerkenswerth sind aber nur jene der Hinterlippe, die, indem sie die Stigmenmündung überdachen, als Schutzvorrichtungen dienen, beziehungsweise zu dem Behufe besonders angepasst sind. Die Hauptsache, auf die Landois seine ganze Theorie aufbaut, können wir aber leider nicht ausfindig machen, nämlich die Schrill- oder Stimmbänder. Diese sind nicht blos bei den Weibchen, wie Landois sehr richtig beobachtet, kaum in der Anlage zu sehen, sie fehlen auch den Männchen ganz und gar.

Was Landois für Stimmbänder hielt, mit der uns unerklärlichen mikroskopischen Messung ihrer Breite, können höchstens abgerissene Fetzen des Tracheensackes gewesen sein, der sich unmittelbar an die verdickten Ränder des Stigmas ansetzt. Für eine allfällige Nachuntersuchung empfehlen wir nicht allzu starke Vergrösserungen anzuwenden, sondern sich zunächst mit der Loupe über den gröberen Bau dieser ganz gewöhnlichen Luftlöcher zu orientiren, und bemerken auch, dass die citirte Abbildung mit der Cam. luc. gezeichnet wurde.

Da Landois die vermeintlichen, resp. „supponirten" Stimmbänder der Cikadenstigmen mit jenen gewisser Fliegen vergleicht, wäre eine sorgfältige Nachprüfung der vom genannten Autor in Bezug auf letztere gemachten Angaben umsomehr am Platze, als sich auch manche seiner für unzweifelhaft ausgegebenen Verhältnisse betreffs der Verschlussvorrichtungen als nicht ganz sachgemäss herausgestellt haben.

Übergehend auf die mehr erwähnte Arbeit von Cesare Lepori, bei der ihm zwei der berühmtesten italienischen Entomologen, nämlich Targ. Tozzetti und Filippo de Felippi rathend zur Seite standen, so erscheinen deren Daten vorwiegend nur als Variationen der von Kirby, resp. Reaumur und Goureau gegebenen. Hinsichtlich des anatomischen Verhaltens sei nur Folgendes hervorgehoben.

Vom Ring, oder Rahmen, in dem der irisirende Spiegel ausgespannt ist, wird behauptet, dass er ganz vom Hinterrand des ersten Leibesringes gebildet wird, und dass man bei einiger Vorsicht den ersten vom zweiten Ring abtrennen könne. Hinsichtlich der bandförmigen Sehne des Trommelmuskels findet sich die Angabe, dass sie sich in der Ecke zwischen dem Ober- und Hinterrande des Paukenfelles und zwar an deren Einfassung befestige. (E va a fissarsi alla parte superior-posteriore della circonferenza della membrana pieghettata). Die eigentliche Trommel beschreibt Lepori folgendergestalt:

Sie zeigt uns eine innere concave Oberfläche und eine äussere convexe. Sowohl die eine wie die andere bietet eine bestimmte Anzahl von durch Furchen getrennter Falten, welche nach einem Punkte (Fig. 9 *d*) convergiren, von welchem eine ziemlich erhabene Leiste (*a*) ausläuft, welche sich bis zum hinteren Theil des Rahmens (?) verlängert, und an welcher viele Fibern der Trommelmuskelsehne zur Insertion gelangen. (Una cresta, che si prolunga fin nella parte posteriore della circonferenza, ed alla quale vanno ad inserirsi molte fibre del tendinetto già descritto.)

Auch hinsichtlich der nächstliegenden Ursache der Tonerzeugung schliesst sich Lepori an Reaumur an. Er sagt nämlich, wenn man mit einem geeigneten Instrumente die convexe Stelle der Trommel eindrückt, beziehungsweise den Muskel anzieht, entsteht ein Ton wie von trockenem Pergament, und indem sie in die Ruhe zurückkehrt, entsteht derselbe Ton.

Eine auch nur halbwegs befriedigende Abbildung der Trommel bringt die Arbeit leider nicht, während die auf die Trommelmuskeln bezügliche Illustration (Fig. 10) einen mehr schematischen Charakter hat.

Auf einige interessante Experimente Leporis kommen wir später zurück [1].

---

[1] In den zu Lepori's Abhandlung gemachten Zusätzen von Jacq. Tozzetti findet sich unter Anderem auch die höchst befremdende Bemerkung, dass die rippenartigen Verdickungen der Trommel aus mehreren übereinander geschichteten Lagen kleiner Zellen bestehen. Die ehemalige Ansicht über die zellige Structur der Chitinhäute ist doch längst über Bord geworfen.

Nach den vorausgegangenen Mittheilungen, zumal jener Reaumur's selbst, können wir die Ergebnisse unserer eigenen Untersuchungen sehr knapp fassen.

Zunächst handelt es sich um die morphologische Deutung der in Frage kommenden Gebilde, die, wie wir gehört, sehr verschieden aufgefasst wurden.

Machen wir den Anfang mit den grossen, die ventrale Trommelgrube, wie wir sie nennen wollen, bedeckenden bauchständigen Schuppen. Ein flüchtiger Blick auf eine auf dem Rücken liegende Cikade sagt uns, dass man da keinerlei neue und ausschliesslich auf den Tympanalapparat berechnete Einrichtungen vor sich hat. Dieselben Schuppen, nur etwas kleiner, finden sich und zwar genau an der homologen Stelle auch am Pro- und Metathorax. Sie erweisen sich (Fig. 1 sch_1, sch_2) als flügelartige Auswüchse der sog. Epimera oder besser Lateralstücke der Brustringe. Jene der Vorderbrust gleichen den grossen Hinterbrustplatten mehr als jene des mittleren Ringes. Hier erscheinen sie als seitliche Lappenanhänge des Rückenstückes oder Halsschildes. Die angezogene Homotypie der ventralen Tympanalschuppen, so mögen sie heissen, ist am evidentesten bei den Weibchen (Fig. 3 sch_1), wo sie auch in der Grösse jenen der Vorderbrust wenig voraus sind.

Die Adaptirung oder Übernahme gewisser vielleicht anfänglich ganz indifferenter Körperbestandtheile zu besonderen nachträglich entstandenen Einrichtungen ist kaum wo deutlicher.

Bei der Durchmusterung einer grossen Suite unserer Musikanten fanden sich auch öfter solche mit ungleich entfalteten Schuppen, was z. Th. sich allerdings auch von gelegentlichen Verstümmelungen herschreiben mag. Einigemale wenigstens war auf der betreffenden kurzschuppigen Seite auch der Spiegel durchbohrt, was dem Thiere sonst weiter wenig zu schaffen machte.

Die erwähnten Stacheln finden wir bei *C. plebeja* nur an der Hinterbrust. Ihr Nutzen ist mir nicht klar — mag sein, dass sie zum Schutze oder zur Dirigirung der Platten etwas beitragen.

Gehen wir nun gleich an die Entzifferung der morphologischen Stellung der Toninstrumente, der Tympana und ihres Zubehörs. Landois verlegte sie in die Hinterbrust, beziehungsweise in das Metanotum. Die Sache erklärt sich wohl damit, dass der Hinterrand des auffallend grossen Cikaden-Mesonotums (Fig. 2 $\alpha\beta$) den verhältnissmässig schmalen, kragenförmigen Hinterrücken (γ) wenigstens auf der Firste ganz bedeckt, während er lateralwärts, wo sich die Hinterflügel (Fig. 1 Fl_2) einlenken, freilich ganz gut zu sehen wäre, umsomehr als sein Hinterrand kielförmig aufgeworfen ist. Übrigens braucht man nur den Mittelrücken etwas vornüber zu beugen, um den Hinterrücken (Fig. 2 γ) in seiner ganzen Ausdehnung zu Gesichte zu bekommen.

So wie zwischen dem Mittel- und Hinterrücken findet sich auch eine wohl entwickelte dünne, faltbare Gelenkshaut (g'') zwischen letzterem und der Rückenschiene des ersten Hinterleibsringes. Manche Autoren haben offenbar die halbbogenförmigen Dorsalstücke des 1. und 2. Abdominalsegmentes für ein einheitliches Gebilde gehalten. Man bemerkt aber schon bei äusserlicher Betrachtung auf der Firste des Rückens die eingedrückte Grenzlinie zwischen dem ersten schmäleren (Fig. 2 und 13 r_1) und dem zweiten breiteren Ringe (r_2), welche Grenzfurche aber nach unten hin bei den Männchen von *C. plebeja* verschwindet, weil dort, wie auch Brauer[1] ganz richtig erkannt hat, vom zweiten Ring ein kappenartiger Fortsatz ausgeht, der sich über den unteren Seitentheil der ersten Schiene, welche eben die Trommel trägt, oder richtiger die Trommel bildet (Fig. 1 r_1, T), deckelartig herüberwölbt (Fig. 2 D).

Schneidet man den Deckel weg (Fig. 1), so bietet die Trommelgegend ein Bild, zum Verwechseln dem ähnlich, wie es das sog. Ohr gewisser Schnarrheuschrecken, z. B. von *Acridium* oder *Caloptenus*[2] zeigt, und man könnte in der That versucht sein zu glauben, dass, wie dort, die ganze Grube oder Tasche, in der das trommelförmige Häutchen in schiefer Richtung von vorne und aussen nach hinten und innen sich einsenkt, vom ersten Hinterleibsringe gebildet werde. Dies ist aber — und dies Verhältniss muss aus nahe liegenden Gründen ganz genau constatirt werden — nicht der Fall.

---

[1] Troschel's Archiv f. Naturg., Jahrg. 34, Bericht über die Leistungen in der Entomologie.

[2] Vergl. in meinem Werke: Die tympanalen Sinnesapparate der Orthopteren, Fig. 133 und 116 mit Fig. 1 vorliegender Abhandlung.

Nur das Tympanum gehört, wie bei den Acridiern, dem ersten Ringe an, die dahinterliegende Aushöhlung (das hintere Trommelfellgewölbe der Acridier), sowie der über die gefältelte Haut gespannte Deckel dagegen dem 2. Abdominalsegmente. Dies lehrt zunächst schon das Bild Fig. 4, welches einen rings an der Gelenkshaut zwischen Brust und Abdomen abgerissenen Hinterleib von vorne zeigt. Entsprechend der oberwähnten Grenzlinie zwischen dem ersten und zweiten Ringe sieht man hier inwendig eine ganz ähnliche diaphragmaartige nur minder tief gehende Einstülpung des Hautpanzers (*di*), wie man sie behufs der Insertion einer Partie der Flügelsenker bei den Cikaden und anderen Insecten hinter dem Mesonotum als sog. Mesophragma der älteren Autoren (Fig. 5 *D*) wahrnimmt. Schnitte, wie der eben angezogene, geben uns überhaupt über derartige Fragen die besten Begriffe. Am Längsdiagramm in Fig. 5 sehen wir oben in scharfer Trennung Mittel- (R_2) und Hinterbrust (R_3), unter ersterer verborgen, sowie die auffallend tiefe Einkerbung zwischen dem 1. und. 2. Hinterleibs-Dorsalstücke (*di*). Letztere ist, um das Zustandekommen der Trommel und der Trommelhöhle vollständig zu erfassen, weiter nach unten (seitwärts) zu verfolgen. Fig. 11 gibt zu dem Zwecke einen Längsschnitt, der in der Höhe *ts* in Fig. 2 geführt worden, also dort, wo sich die deckelartige Ausstülpung der zweiten Hinterleibsschiene zu bilden beginnt. R_2 ist die hintere dicke Randpartie des Mesonotums, *g'* die nach vorne eingeschlagene zarte Gelenkshaut, R_3 der schmale dicke Hinterrückentheil, worauf die Gelenksmembran (*g*) zwischen letzterem und dem ersten Hinterleibsringe $\alpha\beta$ folgt. β bezeichnet also die Gelenksfalte zwischen dem 1. und 2. Ringe, gerade so wie ε jene zwischen dem 2. und 3. Metamer. Wir sehen aber, indem wir die Schnitte der Reihe nach mustern, dass die anfänglich, nämlich an der Mittelrückenlinie hart aneinanderliegenden beiden Blätter der erstgenannten Gelenksfalte gegen die Trommelgegend zu auseinanderweichen, während zugleich der ganze erste Ring allmälig eine schiefe Lage annimmt, nämlich sich von vorne und aussen (α) nach hinten und innen (β) einsenkt.

Dass der Trommelfelldeckel ($\delta\gamma$) wirklich dem 2. Segmente angehört und zwar als eine taschenartige Ausstülpung seines Vorderrandes sich darstellt, ist gleichfalls auf das unzweideutigste ausgesprochen.

Ein noch tiefer unten in der Richtung *xy* von Fig. 2 geführter Schnitt, in Fig. 12 abgebildet, führt uns dann auch das eigentliche Trommelfell ($\alpha\beta$) in seiner vollständigen Ausbildung vor Augen. Der Vorderrand des 1. Segmentes (bei α) hat seine ursprüngliche Derbheit bewahrt und figurirt als Rahmen, der übrige hintere Theil ist aber, im Vergleich zum früheren Schnitt, sehr verdünnt, von der charakteristischen Krümmung und von den eigenthümlichen Rippen ($ri_1, \ldots ri_3$) durchzogen, von denen später die Rede sein wird.

Die Trommelhaut der Cikaden ist also als der eigenartig modificirte Rand- oder Lateraltheil der ersten dorsalen Abdominalschiene zu betrachten, während dessen schützende Überdachung vom benachbarten zweiten Segmente besorgt wird.

Die völlige Bestätigung erhält diese aus den morphologischen Beziehungen von *C. plebeja* erschlossene Auffassung durch das bei *C. haematodes* (Fig. 13) vorliegende Verhalten, deren Trommeln (*T*) ganz offen daliegen, wo also der bis zur Seitenlinie des Körpers zu verfolgende Vorderrand des 2. Ringes (r_2) keinerlei Ausstülpung erfahren hat.

Landois gibt uns die Versicherung, dass auch die weiblichen Cikaden ein Rudiment des Trommelfelles besässen. Für die Erklärung des Zustandekommens dieser interessanten Toninstrumente wäre dies, wenn es sich bewahrheitete, um so interessanter, als hier keine Spur der Trommelmuskeln nachweisbar ist. Die Sache verhält sich aber anders, wie ein Blick auf Fig. 3 lehrt, die uns die Tympanalgegend eines Cikadenweibchens vorführt. Die an der Bildung des Tympanalorganes betheiligten Dorsalschienen des 1. und 2. Hinterleibssegmentes (r_1, r_2) sind hier bis zu ihrem seitlichen Rande, wo sie sich unter einem scharfen Winkel gegen die Bauchseite umbiegen, ganz normal entwickelt, nur dass erstgenannte Platte nach unten sich etwas verschmälert. Am Vorderrande dieses verschmälerten Endtheiles unmittelbar hinter dem Stigma (st_2) bemerkt man nun allerdings eine kleine vorstehende krause Platte, die von mehreren Rippen durchzogen ist. Man hat es aber hier entschieden mit der zwischen dem Hinterrücken und dem 1. Hinterleibsringe eingeschalteten Gelenksmembran zu thun, die sich sogleich ausspannt, wenn man das Metanotum etwas anzieht. Dem Weibchen von *Cicada plebeja* wenigstens, fehlt jede Spur des männlichen Trommelfelles.

Die morphologische Determinirung der bauchständigen Tympanalgebilde ist nunmehr eine einfache Sache.

Am Grunde des Bauches, unmittelbar hinter der Insertionslinie der Ventralschuppen, liegt beiderseits der Bauchmittellinie eine sehr breite, gelblich-weisse Gelenkshaut, die *Membrana giallicia* Lepori's (Fig, 1, 2, 3, 5 g), welche sich als unmittelbare Fortsetzung der dorsalen Panzerfalte zwischen dem Metanotum und der 1. Hinterleibsrückenschiene erweist, von der sie zum Theile nur durch einen an der Seitenkante des Körpers von der Hinterbrust gegen das Trommelfell vorspringenden Sperrhaken (Fig. 2 δ) getrennt wird.

Dahinter folgt nun in unmittelbarer Fortsetzung der 1. Hinterleibsdorsalschiene die derbe, bei den Männchen ziemlich breite, bei den Weibchen relativ schmale Platte, welche bei ersteren zum Ansatz der Trommelmuskeln dient (Fig. 1, 2, 3, 4, 5, 7 b_1), und von der bereits oben die Rede gewesen. Burmeister vergleicht dieses mit einem mittleren vorspringenden Kamme (Fig. 7 k) und seitwärts mit zwei bogig nach oben gekrümmten Anhängen versehene Gerüste sehr treffend mit den bekannten Gabelfortsätzen des Brustgrates, die ja zu ganz ähnlichen Zwecken im Gebrauch stehen.

Dieses Trommelmuskelgestelle, wie wir es nennen wollen, ist unzweifelhaft, wie eine nähere Vergleichung der citirten Abbildungen lehrt, als Bauchplatte des 1. Abdominalmetamers zu deuten, während Burmeister und Gerstäcker (letzterer in seiner Zoologie) die Trommelmuskeln vom 2. Hinterleibsringe entspringen lassen.

Welchem Theile des normalen Insecten-Abdominalpanzers sind aber die grossen Spiegellamellen gleichzusetzen? Namentlich Fig. 2 zeigt uns aufs evidenteste, dass in diesen anscheinend so auffallenden Bildungen weiter nichts als die allerdings sehr eigenthümlich modificirte Gelenkshaut zwischen der 1. und 2. Bauchschiene vorliegt, welche letztere (Fig. 1 und 4 b_2) in der Mitte sich in einen nach vorne frei vorragenden Zipfel verlängert. Diese unsere Auffassung muss für um so plausibler gehalten werden, als uns die vor dem Trommelmuskelgestelle befindliche unzweifelhaft als Gelenkshaut sich präsentirende Membran den besten Beweis liefert, dass auch diese Theile einer bedeutenden Entfaltung und Weiterbildung sehr wohl zugänglich sind. Zudem sind die Spiegel bei den Weibchen ungleich kleiner und erinnern (Fig. 3 Sp) schon äusserlich an die Gelenksmembranen der Hinterleibsbasis.

Nachdem wir uns über die ganze Situation der Tympanalgebilde instruirt haben, kommen wir auf den Mechanismus zurück, von dem die Lautäusserungen ausgehen, also zunächst auf die Trommel und dann den Muskel, der sie zum Tönen bringt.

Die Lage der Trommel und deren Configuration auf einem quer durch sie geführten Schnitte kennen wir aus Fig. 12. Es ist eine in ihrer völlig unnachgiebigen hornartigen Umgebung eingelassene etwas durchscheinende, weisslich-gelbe, ungefähr muschelschalenartige Platte von unregelmässig ovalem Umriss und einer sehr mannigfach gekrümmten Oberfläche.

Fig. 8 gibt eine Ansicht davon von ihrer Aussenseite, also von der freiliegenden Fläche, die dem Deckel zugewandt ist. Darin ist V der Vorder-, H der Hinter-, O der Ober- und U der Unterrand.

Wir können an der Trommel eine sehr zarte nachgiebige Randzone und eine verdickte Mittelpartie unterscheiden. Die Randzone ist besonders gegen die Spitze des Ovales (Fig. 8, 9 R) sehr entwickelt, und verschmälert sich gegen den Unterrand, wo sie mit der hier weniger verdickten Mittelpartie zusammenfliesst. Die Mittelzone selbst ist am dicksten an ihrer oberen Spitze (Fig. 9 d), von wo nach vorne und hinten zwei derbe Spangen oder Rippen ausgehen, die gleichsam das Mittelfeld einfassen. An diesem unterscheiden wir un ferner eine hintere concave und eine vordere vonvexe nach unten stark abschüssige Partie.

Der concave Bezirk (vergl. auch Fig. 12 c) wird nach hinten durch eine nach innen vorspringende Spange (Fig. 9 a) begrenzt, während sich aus ihm nach vorne zu ein blasenartiger länglicher Höcker (Fig. 8 m) erhebt. Die convexe Partie zeigt bei oberflächlicher Betrachtung vier rippenartig hervorspringende, sehr derbe und durch ihre dunkelbraune Färbung von der weisslichen Umgebung sich scharf abhebende Falten, die alle an der Insertionsstelle der Trommelmuskelsehne zusammenzulaufen scheinen. Schneidet man aber die eingebogene starre und am Vorderrand stark aufgeworfene Umfassung der Trommelhaut weg, und sucht letztere möglichst

flach auszubreiten, so ergibt sich hinsichtlich der Anordnungsweise und Beschaffenheit der Verdickungen des gesammten Mittelfeldes das in Fig. 9 mittelst der Hellkammer entworfene Detail. Man unterscheidet zwei Systeme von Verdickungen. Das hintere, vorzugsweise dem concaven Felde angehörige stellt im Wesentlichen eine zweischenkelige an der Spitze knopfartig verdickte Spange, resp. eine flügelartige, durch zwei Randleisten verstärkte Platte dar. Die Vorderrandleiste (Fig. 8 *b Ri*) verlängert sich aber bis zum Unterrand der ganzen Trommelhaut, wo sie, ähnlich wie die Falten des vorderen Rippensystems, sich flügelartig verbreitert.

Letztgenanntes System besteht bei *C. plebeja* aus vier bei *C. haematodes* aus acht ($ri_1—ri_8$) in einen gemeinsamen Stamm sich vereinigenden Rippen (ri_1, ri_3, ri_4), in deren Zwischenfurchen kurze, aber ziemlich breite schienenartige und so gut wie die Rippen nach aussen gebogene verdickte Zwischenstücke (z_1, z_2 . . .) liegen und zwar im Ganzen drei an der Zahl.

Übrigens müssen wir gleich erwähnen, dass betreffs gewisser Detailverhältnisse mannigfache individuelle Abänderungen beobachtet werden, wie denn z. B. nicht selten die vorderste Rippe (ri_3) gar nicht mit dem gemeinsamen dicken Rippenstamme sich vereinigt. Ohne Zweifel ist auch die in unserer Figur mit r_4 bezeichnete verhältnissmässig sehr langgestreckte Spange eine solche isolirte Rippe, wenigstens erscheint unter dieser auch durch die Form der genannten Verdickung gerechtfertigten Annahme die Vertheilung der noch restirenden drei Zwischenstücke z_1, z_2, z_3 eine vollkommen symmetrische.

Was nunmehr die Trommelmuskel anbetrifft, so ergibt sich deren Lagerungsweise und Gestalt aus Fig. 5 und 6 *M*. Sie inseriren sich mit sehr verbreiterter Basis beiderseits des mittleren Kammes der 1. Bauchschiene, deren seitliche flügelartige Erweiterungen sie von unten her bis zu ihrer oberen Endigung begleiten, und erstrecken sich, gleich den Schenkeln eines V in etwas schiefer Richtung von hinten, unten und innen nach vorne, oben und aussen, wo sie in nächster Nähe der Trommeln an der von diesen frei in die Leibeshöhle hineinragenden Sehne (Fig. 7 *S*) angreifen. Wie Fig. 5 und 8 *M* sehen lässt, erscheint der Trommelmuskel auf der inneren Seite etwas gefurcht und bildet etwas vor der Sehne eine halsartige Verschmälerung.

Die Sehne (Fig. 9 *S*) ist ein vom mehr erwähnten Knopf des Trommelmittelfeldes entspringender hohler bandförmig abgeplatteter und gestreifter Chitinstrang, der, gegen den Muskel zu sich successive verbreiternd, schliesslich in eine grosse, einem japanesischen Hut nicht unähnliche, in der Mitte mit einem länglichen Höcker versehene Scheibe übergeht, die den einzelnen Faserbündeln des Muskels hinlängliche Angriffspunkte darbietet. Der längere Durchmesser dieser Scheibe misst circa 3 Mm., die Länge des bandförmigen Sehnenabschnittes 1·5 und deren Breite am Ursprung 0·08 Mm.

Dieser Sachverhalt lehrt uns, dass Lepori ganz im Irrthum ist, wenn er meint, dass die bandförmige Sehne (*tendinetto nastriforme*) mittelst zahlreicher Fasern an der Umgebung des Trommelhäutchens angewachsen sei. Die eigentliche Ursprungsstelle dieses sehnigen Bandes erkennt man schon äusserlich in Gestalt eines kleinen elliptischen, von einem schmalen Ring umrahmten weisslichen Grübchens (Fig. 8 *a*).

Die ganze Endigungsweise des Trommelmuskels gleicht auf ein Haar jener der meisten Flügelmuskeln, wo also auch ein verhältnissmässig sehr starker Zug, wie er durch die Contration der einzelnen Muskelfasern erzeugt wird, mittelst einer im Ganzen und Grossen kegelförmigen Handhabe sozusagen auf einen einzigen Punkt, die Spitze des Kegels, applicirt wird.

Damit, was für eine strenge Einhaltung der Bewegungsrichtung unbedingt nothwendig ist, der am einen Ende ganz frei auslaufende Trommelmuskel dennoch seine Stellung unverändert beibehalte, dienen einmal die mehr erwähnten flügelartigen Stützen der 1. Bauchschiene und dann die aus Bindegewebe geformten von der Rückendecke herabsteigenden Tragbänder (Fig. 5 *a*), welche sich um den Hals der Muskeln herumlegen.

Obwohl Lepori, wie wir oben gehört haben, den Bau der Trommelhaut nur ganz im Allgemeinen beschreibt, und über die Angriffsweise des Trommelmuskels keine richtige Vorstellung hat, versichert er uns doch, es würde ein Leichtes sein, die Art der Tonproduction zu erklären.

Dagegen will es uns scheinen, dass gerade dieser Punkt der allerschwierigste sei.

Nachdem wir den Angriffspunkt der Zugkraft kennen, die in letzter Instanz als Tonerreger fungirt, haben wir auch die Richtung derselben genau zu bestimmen. Dieselbe fällt in die Gerade *zu*, Fig. 8 und 10, wobei man sich aber die betreffende Linie circa um 30° gegen die Tangentialebene des Angriffspunktes nach unten, d. h. gegen das Körperlumen gedreht denken muss.

Auf Grund der vorausgegangenen Detailbeschreibung des mannigfach gefalteten Trommelmittelfeldes, dessen Verdickung im Allgemeinen vom sog. Knopf gegen den untern Rand zu abnimmt, kann diese als ein flacher einarmiger Hebel bezeichnet werden, dessen lange Drehungsaxe der Unterrand ist. Zieht man den Muskel längs der gedachten Geraden an, so wird das Mittelfeld in der in Fig. 10 angedeuteten Weise nach innen bewegt und zwar am weitesten in der Gegend des Knopfes, wo die breite, dünne und leicht nachgiebige Randzone *R* einer solchen Bewegung keinen merklichen Wiederstand entgegensetzt.

Da Rösel die angedeutete und von Lepori reproducirte Erklärungsweise der Tonerzeugung am Cikadentrommelfell nicht genügte, stellte er die von Landois für höchst naiv gehaltene Hypothese auf, dass die von ihm als starr gedachte stielförmige Trommelmuskelsehne gleich dem Plectrum einer Zither über die saitenartigen Falten des Tympanums gestrichen würde. Und in der That hat das rippige Mittelfeld zumal jenes von *C. haematodes* (Fig. 13), eine gewisse Analogie mit besagtem Instrumente, nur dass sich hier gleichsam die Saiten selbst erklingen machen. Gleichzeitig nämlich, während sich um den eingezogenen Knopf eine breite Falte bildet, formirt sich eine zweite auf erstere fast senkrechte (Fig. 10 und 13 *a*) und zwar gerade dort, wo die drei Spangen des vorderen Rippensystems im schlaffen Zustande die grösste Convexität haben. Indem sich nun diese Falte bildet, sieht man erstens, dass die drei Haupt- und die interpolirten Zwischenrippen in der Mitte eingeknickt werden, und zweitens, dass sie gleichzeitig folgeweise nach vorne sich bewegen und bei dieser Gelegenheit sich aneinanderreihen. Diese Bewegung rührt aber daher, dass, sobald der Knopf angezogen wird, die vordere von ihm ausgehende Rippe (Fig. 9 *d*) nach innen und zugleich unter Mithilfe der blasenartigen Erhebung (Fig. 8 *m*) nach vorne gezogen wird und indem der Druckhebel noch tiefer einsinkt, der Reihe nach die durch dünne Zwischenlagen verbundenen Hauptrippen nach sich zieht.

Im Zustand der höchsten Contraction des Muskels erscheint der dicke breite Vereinigungsstamm der drei Rippen nahezu um einen rechten Winkel aus seiner Ruhelage verrückt und wendet uns daher die schmale Seitenkante zu, während die von ihm ausgehenden Rippen zum Theile sich gegenseitig verdecken.

Der Ton, der dabei entsteht, erinnert etwas an den, welchen eine künstliche Friction der Zirpadern einer Laubheuschrecke zu Wege bringt. Wie und wo derselbe aber eigentlich entsteht, vermögen wir troz zahlreicher höchst subtiler Beobachtungen und Versuche nicht genauer anzugeben. Namentlich ist aber schwer zu constatiren, ob die Knickung der Rippen, beziehungsweise der der Zwischenstücke, oder deren gegenseitige Reibung die Hauptursache des erzeugten Tones ist. Einiges trägt hiezu übrigens auch die Faltung der dünneren, im Ganzen, wie wir wissen, ziemlich spröden Hautpartien bei.

Frühere Autoren melden, dass derselbe Ton, wie beim plötzlichen Einziehen des Trommelfelles auch beim Zurückschnellen desselben entstünde. Dies kann ich nicht bestätigen. Im letzteren Falle hört man bei der künstlichen Tonerzeugung, von der ja allein hier die Rede sein kann, oft gar nichts, oft nur ein schwaches Geräusch.

Sowie aber die an den Zirporganen der Heuschrecken künstlich hervorgerufenen Frictionslaute verhältnissmässig nur sehr schwach sind gegenüber dem Effect, den die Thiere selbst mit diesen Instrumenten hervorbringen, da ja derselbe sowie an unseren künstlichen Tonwerkzeugen vor Allem von der richtigen Handhabung abhängt, so ist es auch hier. Die Verstärkung der von den Trommeln erzeugten Töne rührt aber hauptsächlich von den zu einer hohen Ausbildung gelangten resonirenden Vorrichtungen her. Also von der Bildung der eigentlichen Trommelhöhle, vom ventralen durch die Schuppen gebildeten Hohlraume, ganz besonders aber von der grossen Tracheenblase (Fig. 5 *Bl*), die mehr als die Hälfte des gesammten Abdomens einnimmt. Wie sehr dieser durch die Spiegel mit den eigentlichen Tympanalhöhlen communicirende Raum den Schall verstärkt, können wir nach dem Verhalten bei *Pneumora* ermessen, deren Abdomen gleichfalls einen einzigen grossen Resonator vorstellt, der die relativ schwachen Frictionstöne, die durch

Reibung der Hinterbeine an ihren gezähnelten Seitenkanten erzeugt werden, ganz ausserordentlich schallend macht.

Hier fügen wir nun auch die wesentlichsten Resultate der Experimente an, welche Lepori betreffs der Cikadenmusik angestellt hat.

E. 1. Die theilweise oder völlige Entfernung der Ventralschuppen soll keinerlei Veränderung der Lautäusserungen veranlassen.

E. 2. Das Gleiche gilt hinsichtlich der Zerstörung der Spiegellamellen.

E. 3. Man kann die Rückendecke und die Eingeweide bis auf die Trommelmuskeln entfernen, ohne die Lautäusserungen wesentlich zu alteriren. —

E. 4. Durch partielle Abtragung des Trommelmuskels wird der Ton geschwächt, schneidet man den einen Muskel durch, so bleibt der andere in voller Activität. —

E. 5. Durch Eintröpfeln von Öl in die Trommelhöhle wird der Ton sehr herabgestimmt und schwankend.

E. 6. Verkleben aller (?) Stigmen soll ohne besonderen Einfluss sein.

Aus dem 1. und 2. Experiment folgt, was wir aus morphologischen Gründen erschlossen haben, dass weder die Ventralschuppen, noch die Spiegel wesentliche und unbedingt nothwendige Bestandtheile des ganzen Stridulationsapparates sind. Es lässt sich ohne genauere akustische Experimente zwar nicht sagen, dass diese Gebilde ohne Einfluss auf die Tonbildung sind; es ist aber eine Thatsache, dass die Spiegel, wie einerseits deren Vorkommen bei den gänzlich stummen Weibchen und andererseits deren mit den Respirationsbewegungen zusammenfallenden Lageveränderungen darthun, in erster Linie nur den Zweck haben, die Athmungsbewegungen zu erleichtern, und diesbezüglich erinnern sie ganz und gar an die für akustische Trommelfelle ausgegebenen Hautstellen der Schnarrheuschrecken, bei denen, wie leicht zu beobachten, eine ähnliche Accomodation Statt hat.

Auch die relativ bedeutendere Entfaltung der Spiegel bei den Männchen muss nicht nothwendig mit dem Stridulationsapparate zusammenhängen. Es kann als ein fast allgemein giltiges Gesetz angenommen werden, dass bei den im Ganzen weit lebhafteren Männchen die Respirationsorgane und namentlich die auf die Flugfähigkeit berechneten blasenartigen Tracheenausweitungen stärker als bei den Weibchen entwickelt sind, wie dies in unserem Falle am anschaulichsten die in Fig. 5 und 6 abgebildeten Längsdurchschnitte durch ein weibliches und männliches Individuum darthun.

Beim Weibchen (Fig. 6) ist der grösste Theil des bei den Männchen von der grossen Tracheenblase occupirten Raumes vom Eierstock (*ov*) in Anspruch genommen.

Mit dem Volum der Luftsäcke muss sich aber auch die Oberfläche der zur Athmungsregulirung bestimmten Membran, also der Spiegel, vergrössern.

Andererseits liegt es aber auch auf der Hand, dass die grossen Ventralschuppen vornehmlich zum Schutze der überaus zarten und sehr exponirten Spiegelhäute vorhanden sind, beziehungsweise schrittweise mit diesen sich vergrössert haben.

Mit dem Gesagten reducirt sich also der anscheinend so complicirte Stridulationsapparat der Cikaden auf die beiderseitigen der ersten Dorsalschiene angehörigen gerippen Häutchen, und die durch ein besonderes Gestell getragenen Muskeln, welche diese in Bewegung setzen. Von diesen wesentlichen Tympanalgebilden findet sich aber, wenigstens bei den Weibchen von *C plebeja* keine Spur vor.

Im Vorstehenden sind, wie man sieht, nur die Hauptlineamente gezogen, von denen nun an der Hand eines möglichst reichen Materials zu einer vergleichend morphologischen Betrachtung fortzuschreiten wäre [1].

Es wurde oben auf das Allerbestimmteste nachgewiesen, dass die Trommelfelle der Cikaden genau dieselbe Lage wie jene der Acridier haben, nämlich dass sie als modificirte Seitenpartien der ersten Dorsalschiene zu betrachten sind und wir haben weiter vernommen, dass auch deren Überdachung mit jener den

[1] Vergl. den Anhang am Schlusse.

Acridiertympanis eigenthümlichen Verschallung übereinstimmt, nur dass der accessorische Theil, nämlich der Deckel, hier vom 2. Ringe ausgeht. Wir haben es also hier, wenigstens insoweit wir den anatomischen Befund der fertigen Organe ins Auge fassen, mit einer sogenannten completen speciellen Homologie zu thun.

Es gibt nun zwar bekanntlich Beispiele genug, dass morphologisch vollkommen gleichwerthige Gebilde sehr verschiedene Functionen bekleiden, man kennt aber kein Beispiel, wo das Homologon eines Schallerregers ein schallpercipirendes Organ, ein Ohr, wäre.

Stünden Cikaden und Schnarrhauschrecken einander näher, als dies wirklich der Fall ist, so würde man wohl mit einigem Grunde die Frage ventiliren dürfen, ob die vermeintlichen Acridierohren nicht doch mit den stridulirenden Cikadentrommeln auch irgend eine physiologische Beziehung also eine Analogie haben, resp. ob hier nicht am Ende gar der merkwürdige Fall realisirt sei, dass das Stimm- und Gehörorgan zu einer morphologischen Einheit verkettet ist.

Was aber einer derartigen Anschauung sehr zuwiderläuft sind folgende drei Thatsachen.

1. Dass bisher an der Trommel der Cikaden keinerlei auf eine Gehörfunction hindeutenden Nervenendigungen nachgewiesen sind.

2. Dass bei den Weibchen keine Spur einer dem männlichen Organ correspondirenden Bildung, beziehungsweise also einer schallpercipirenden Einrichtung vorkommt, während

3. bei den Acridiern sämmtliche Weibchen das betreffende Organ der Männchen besitzen, und zwar unter Umständen, die irgend eine Beziehung zur Tonerzeugung nicht zulässig erscheinen lassen.

Unter so bewandten Verhältnissen wird uns demnach schwerlich ein anderer Ausweg bleiben, als die Annahme, d a s s s i c h g e a u a n e i n e m u n d d e m s e l b e n O r t e g a n z h e t e r o g e n e D i n g e e n t w i c k e l t h a b e n, d a s s a l s o d i e H o m o l o g i e hinsichtlich der Hautgebilde sowohl, als der bekanntlich auch den Acridiern zukommenden Tympanalmuskeln k e i n e r l e i A n a l o g i e im Gefolge hat.

II. Abdominale Tympanalorgane der Gryllodeen.

Der Insectenorganismus bietet sowohl äusserlich, an seiner chitinisirten Hautdecke, als innerlich, an den verschiedensten Werkzeugen des Lebens, eine Reihe wohl differencirter Formzustände dar, die ohne Zweifel ihren besonderen physiologischen Werth haben, der sich unseren Nachforschungen aber leider sehr häufig entzieht. Dies ist um so erklärlicher, als wir über gewisse Lebensbedürfnisse der betreffenden in ihrer ganzen Natur von den höheren Thieren sehr weit abstehenden Existenzen oft sehr im Ungewissen sind und auch die Art und Weise, wie die bekannteren Verrichtungen dieser Wesen besorgt werden, nicht selten eine ganz ungewöhnliche ist.

Andererseits verdienen aber gerade derartige Einrichtungen die besondere Aufmerksamkeit der Forscher, da uns ja erst die Entzifferung dieser problematischen Organe die innere Lebensökonomie der betreffenden Thiere erschliessen hilft.

In die Kategorie dieser zweifelhaften und erst zu enträthselnden Organe zählen nun auch jene eigenthümlichen trommelfellartigen Gebilde am Hinterleib der Gryllodeen, die wir eben mit dem indifferenten Namen abdominale Tympanalorgane belegt haben. Es ist aber noch sehr fraglich, ob die in Rede stehenden Werkzeuge überhaupt mit dem strenge so zu nennenden Tympanis eine nähere Beziehung haben und dann, wenn dies der Fall wäre, ob sie in die Gruppe der schallerregenden oder der schallpercipirenden Trommelfelle gehören.

H. L a n d o i s, dem wir die erste nähere Auskunft über diese Organe verdanken, bringt sie seltsamer Weise mit den Toninstrumenten der Cikaden in nähere Beziehung. Wir sagen seltsamer Weise, weil er trotz Kenntnissnahme der L e p o r i'schen Arbeit noch immer daran zu zweifeln scheint, dass die Trommeln der Cikaden die wahrhaftigen Toninstrumente dieser Thiere seien.

Er sagt: Da mir nur trockene und Spiritus-Exemplare (von Cikaden) zu Gebote stehen, so soll es meine Aufgabe nicht sein, diese n o c h s t e t s b r e n n e n d e (?) S t r e i t f r a g e (ob nämlich der Gesang der Cikaden von

den Trommeln oder den Stigmen herrührt) näher zu erörtern, sondern ich will hier die neue Beobachtung mittheilen, dass auch bei unseren hiesigen Grillen dem sogenannten (sic!) Stimmorgan der Cikaden analoge Gebilde vorhanden sind, welche von diesen Thieren nachweislich nicht zur Hervorbringung der Töne dienen, aber, wie der Verfasser am Schlusse bemerkt, ursprünglich den Zweck der Tonverstärkung gehabt haben mögen.

Wenn wir den Sinn dieser Worte recht verstehen, so soll damit Folgendes gesagt sein. Sowie die Trommeln der Cikaden nicht die eigentlichen schallerregenden, sondern höchst wahrscheinlich nur schallverstärkende Organe sind, so verhält es sich auch mit den Tympanalorganen der Grillen, die somit den Cikadentrommeln analog sind, dieses Wort in seiner heutigen physiologischen Bedeutung genommen. Die fraglichen Einrichtungen der Gryllodeen sollten also der, wie sich gezeigt hat, vollkommen irrthümlichen Anschauung Landois' über die Cikadentrommeln als Stütze dienen.

Diese Analogie, welche also von vorne herein auf falschen Voraussetzungen beruht, sucht Landois durch die morphologische Convergenz, durch die Homologisirung der betreffenden Organe darzuthun. Seinen diesbezüglichen hauptsächlich der Werre entnommenen anatomischen Daten entnehmen wir Folgendes:

Die fraglichen, von ihm ihrer Gestalt halber als löffelförmige Organe bezeichneten Gebilde (Fig 6 *T*) liegen in der lateralen Gelenkshaut am Grunde des Abdomens. Mit seiner Basis liegt das löffelförmige Organ der oberen (dorsalen) Bogenhälfte des 2. Hinterleibsringes (r_2) dicht an, die Vorderseite (*l*) hingegen ist schräg zwischen dem 4. (st_4) und 5. Stigma gelegen. „Demnach ist es der Lage nach ganz analog (!) dem gefältelten Häutlein der Cikaden.“ Das Organ, fährt dann Landois fort, bildet einen Halbring, an dessen convexer (dorsaler Seite) sich ein kurzer gleich dem Ring selbst stark chitinisirter Stiel (Fig. 6 *E*) ansetzt.

Der Halbring selbst ist mit einer äusserst zarten und „völlig glatten“ (?) Haut ausgekleidet, in dessen etwas gewölbter Mitte (?) ein kleiner vertiefter Längsstrich, an welchem sich ein Muskel inserirt, erkannt wird. Dieser Muskel (Fig. 10 *TM*), platt wie die übrigen Bauchmuskeln und aus circa 50 (?) Primitivfasern bestehend, inserirt sich nach Landois am Vorderrand des 1. Hinterleibsringes. Sein Verhältniss zu den übrigen Hinterleibsmuskeln und seine Bestimmung soll sich nach Landois' Versicherung aus dessen Figur 2 ergeben.

Wir können indess nicht umhin, zu bemerken, dass man sich aus dieser Abbildung keinen Begriff von der Natur des erwähnten Muskels machen kann, und dass solche Muskelbündelketten, wie sie Landois neben dem gleichfalls ungenau dargestellten Bauchmark zeichnet, nicht blos bei der Werre nicht existiren, sondern in dieser naturwidrigen Anordnung bei keinem Arthropoden vorkommen.

Wenn Landois trotzdem behauptet, die Musculatur stimmt daher mit jener der Cikaden überein, so ist dies wohl nicht ernst zu nehmen. Landois untersuchte ausser der Werre auch die Feldgrille und das Heimchen und bemerkt mit Recht, das bei letzterem, namentlich der Hausgrille, die Dimensionen des löffelförmigen Organes relativ geringer als bei *Gryllotalpa* sind. Aus dem Umstande nun glaubt er unter gleichzeitiger Berücksichtigung der Stärke der von diesen Thieren mittelst der Flügelzirpadern gemachten Lautäusserungen den Schluss ziehen zu dürfen, dass der Grad der Ausbildung der löffelförmigen Organe in einem umgekehrten Verhältniss stehe zur Stärke der Lautäusserungen. „Wir sind demnach anzunehmen berechtigt, dass, je mehr der Tonapparat bei den Grillen sich entwickelte, die stimmverstärkenden Organe verkümmerten, da sie als nutz- und zwecklos von den Individuen nicht gebraucht worden sind.“

Wie man sieht fehlt, für die Begründung dieser Hypothese die Hauptsache, nämlich der Nachweis, ob und wie die beschriebene Einrichtung zur Tonverstärkung etwas beitrage [1].

Da wir gänzlich ausser Stand sind, die Function der fraglichen Gebilde durch die Beobachtung oder durch Versuche zu ermitteln, so bleibt uns, ähnlich wie bei den tympanalen Sinnesapparaten, kein anderer

---

[1] Dabei muss jedenfalls auch der Umstand sehr auffallend sein, warum Landois auf den Muskel des löffelförmigen Organes überhaupt ein Gewicht legt, da jener der Cikade wegen seiner starken Chitinisirung (!) gar nicht contractil sein soll. Und weshalb, muss man auch fragen, lässt Landois das löffelförmige Organ nutzlos werden, nachdem die Stridulationsorgane entfaltet sind. Bevor dies der Fall ist, d. h. bevor die Zirpadern Töne erzeugen, kann ja doch ein tonverstärkender Apparat keinen Sinn haben.

Ausweg, um dieser auf die Spur zu kommen, übrig, als eine möglichst eingehende und zugleich vielseitige anatomische Untersuchung, welche möglicherweise Anhaltspunkte liefert, aus denen wir den Gebrauch dieser Theile mechanisch erklären oder durch Vergleichung mit ähnlich gelagerten oder gebauten und ihrer Bestimmung nach bekannten Einrichtungen zu erschliessen.

Nun haben wir ausser einigen einheimischen Grillenformen allerdings auch etliche exotische und ersteren systematisch sehr ferne stehende Gryllodeen untersuchen können, allein gerade die letzteren lieferten uns den Beweis, dass hier, sowie allerwärts im Reiche der Organismen, grosse Mannigfaltigkeit herrscht, in der sich aber vermuthlich nur dann eine bestimmte Gesetzmässigkeit und Abhängigkeit der Formen nachweisen lässt, wenn man eben einen Überblick über sämmtliche Gestaltungsreihen hat, während sonst die Verwirrung nur vermehrt wird.

Orientiren wir uns vorerst über die Lagerung unserer Organe. Im Gegensatze zu den Tympanis der Cikaden und Acridier, welche aus einer Differenzirung der seitlichen Theile der Rückenschiene des 1. Hinterleibsringes hervorgehen, sind die trommelfellartigen Gebilde der Gryllodeen modificirte Stellen jener nachgiebigen meist in mehrere Falten gelegten seitlichen Gelenkshaut (Fig. 18 *hf*), welche die derberen Chitinskelettplatten der Rücken- (*ab*) und Bauchfläche (*gh*) beweglich miteinander verbindet. Theoretisch müssen diese weich gebliebenen Seitentheile der Leibesringe den sog. Weichen oder Pleuren des Thorax verglichen werden. Dies ergibt sich nämlich einerseits aus der Lage der Stigmen, die in ihrer Aufeinanderfolge (Fig. 1 st_2, st_3, st_4 u. s. w.) die Seitenlinie des Körpers bezeichnen und andererseits aus der Beschaffenheit der Musculatur, welche in dieser Region aus vom Rücken- zur Bauchfläche sich erstreckenden, also mehr minder queren Bündeln besteht, die aber an der Brust, wo sie theils zur Bewegung der ventralen Seitenaxen des Körpers oder der Beine, theils zu jener der dorsalen Anhänge oder Flügel dienen, gleich den bezüglichen Hautskeletttheilen selbst, die ihnen zum Ansatz dienen, weit stärker entwickelt sind, als an den Lateraltheilen des Hinterleibes, wo sie vornehmlich nur die rythmischen Athembewegungen zu besorgen haben und deshalb als Respirationsmuskeln (Fig. 18 re_1, re_2, re_3) bezeichnet werden können. Während bei den meisten Gryllodeen, z. B. *Brachytrupes*, die zwischen den Rücken- (Fig. 1 r_1, r_2...) und Bauchschienen (b_1, b_2...) interpolirten Membranen (*g*) weniger als selbstständige Ringabschnitte, denn als blosse Verbindungshäute sich darstellen, müssen sie bei anderen, z. B. *Tridactylus* (Fig. 3) in der That als integrirende Bestandtheile, als den Lateralstücken der Thoraxringe vollkommen ebenbürtige Bildungen aufgefasst werden.

Man bemerkt nämlich, wie auch bei manchen anderen Insecten statt der einfachen von Ring zu Ring continuirlich fortlaufenden Haut eine Reihe den Dorsal- und Ventralschienen genau entsprechender derber und daher dunkelbraun erscheinende Chitinplatten (l_1, l_2, l_3...), die von ersteren durch dünne glashelle Zwischenlagen, die hier strenge so zu nennenden Gelenkshäute getrennt werden. Da diese Lateralstücke, wenigstens vom 3. Ring an, auch die Stigmen tragen (st_3), so wird deren morphologische Ähnlichkeit mit den Pleuren der Brust noch erhöht.

Dieser Sachverhalt ist für die morphologische Qualificirung der diesen Seitenplatten angehörigen Tympanalorgane keineswegs gleichgiltig.

Man hat sich nämlich zu erinnern, dass die der Seitenlinie angehörigen Hinterleibsstigmen bei den Acridiern nicht in der eigentlichen hier nur schwach entwickelten Gelenksfalte (Fig. 19 *f*) liegen, sondern am unteren Ende der Dorsalschiene (*ae* bei *st*). Ist es nun nicht mehr als wahrscheinlich, dass die scharf abgesonderten Lateralplatten von *Tridactylus* und der gleichörtige Theil der Lateralmembran der Gryllodeen überhaupt (in Fig. 19 also der ganze Abschnitt *be*) dem unteren, richtiger dem lateralen Theil der Dorsalschienen der Acridier entspricht, und somit auch die Tympana der ersteren den Trommelfellen der letzteren wirklich homolog, beziehungsweise homodynam sind [1]? Wir sagen homodynam, weil die Tympanal-

[1] Wir machen übrigens auch darauf aufmerksam, dass bei manchen Acridiern, z. B. *Paramycus* der stigmentragende Lateraltheil von der Dorsalschiene sich vollkommen losgetrennt hat und ein den Gryllodeen vollkommen gleichendes Verhalten zeigt.

organe der Gryllodeen nicht wie jene der Acridier dem 1., sondern dem 2., beziehungsweise dem 3 Metamer zugehören.

Die Sache liegt so. Der erste Hinterleibsring der Gryllodeen und der mit Sprungbeinen versehenen Orthopteren überhaupt ist verhältnissmässig sehr wenig entwickelt oder richtiger gesagt, behufs der Verstärkung und Consolidirung des Metathorax, der zur Befestigung und Dirigirung seiner kolossalen Ventralanhänge einen solchen Succurs sehr nothwendig hat, mit diesem derart vereinigt, dass nur ein kleinerer oder grösserer Abschnitt der Rückenschiene sich selbstständig erhält, während die Lateral- und Ventraltheile ganz in jene der Hinterbrust aufgegangen sind, aber so, dass die Stelle, an der die Bauchschiene des bezüglichen Ringes (Fig. 1 und 7 b_1) mit dem Sternum des Metathorax zu einem einzigen grossen Brustschilde sich vereinigt hat, durch einen vertieften Querstrich markirt erscheint. Mit dem Ausfall der Lateralabschnitte ist natürlich auch das Stigma des 1. Ringes überflüssig geworden, oder richtiger, es functionirt das Metathoraxstigma (Fig. 1 und 4 st_3) an dessen Stelle.

Die folgenden Ringe haben dagegen die complete Ausrüstung, und trägt jeder auch sein besonderes Stigmenpaar. Gewöhnlich liegen die Stigmen ungefähr in der Mitte der Ringe (Fig. 1, 2, st_4, st_5), es kommen indess auch mancherlei Unregelmässigkeiten vor. So fällt das erste Abdominalstigma von *Tridactylus* (Fig. 3 st_4), das zudem nicht wie das 2. (st_5) auf der eigentlichen Lateralplatte, sondern auf einer besonderen Verdickung der oberen Gelenkshaut seinen Platz nimmt, ganz an die vordere Grenze des 2. Ringes, und etwas Ähnliches findet bei *Phalangopsis* (Fig. 4 st_4) statt.

Das fragliche Organ befindet sich nun in der Regel zwischen dem 1. und 2. Abdominalstigma und zwar unter Verhältnissen, dass man oft nicht gut entscheiden kann, ob es dem 2. oder 3. Ringe angehört.

Es scheint überhaupt, als ob das Tympanalorgan nicht an eine bestimmte Stelle gebunden wäre. So gehört es beim Heimchen (Fig. 12 *T*) ganz entschieden dem 3. Segmente an, während bei *Phalangopsis* (Fig. 14) und *Tridactylus* (Fig. 3 *T*) dasselbe entschieden dem vorhergehenden Ringe zuzurechnen ist. Selbst das Lagerungsverhältniss zu den benachbarten Stigmen ist keineswegs ein constantes. In der Regel nimmt es allerdings, wie bereits erwähnt, so ziemlich die Mitte zwischen dem 1. und 2. Abdominalluftloch ein, bei *Mogoplistes* und *Tridactylus* dagegen, bei denen die Tympana auch gestaltlich vom gewöhnlichen Typus abweichen, liegen sie hart unter dem 1. Abdominal-, beziehungsweise also dem 4. Leibesstigma (Fig. 3 und 14 *T*, st_4).

Was nun die äussere Gestalt und Beschaffenheit unserer Tympana betrifft, so treten hier neben einer sehr eigenthümlichen typischen Bildung allerlei Abweichungen zu Tage, über deren physiologischen Werth wir kaum Andeutungen zu geben vermögen.

Gehen wir von der Tympanis der Werre aus. Man hat Zweierlei zu unterscheiden. Eine sehr dünne, pigmentlose und auch durch ihre Haarlosigkeit von der Umgebung abstechende und scharf umschriebene Hautstelle, das eigentliche Trommelfell (Fig. 6 *T*), und dann die dasselbe von oben und hinten her umspannende in einen breiten Stiel auslaufende Einfassung (*E*). Das Trommelfell von ungefähr ovaler Gestalt mit nach vorne gerichteter Spitze hat einen fast gerade abgeschnittenen Unter- und einen bogenförmig gekrümmten Ober- und Hinterrand. Die Farbe ist vom darunterliegenden und durchscheinenden Fettkörper bei auffallendem Lichte talgweiss, wodurch sich das Trommelfell von der bräunlichgelben Umgebung gut abhebt. Das Trommelfell ist, selbst unter dem Mikroskop betrachtet, ganz glatt aber nicht vollkommen eben, sondern schwach convex. Nahe dem Unterrande, der kantenartig über eine nach innen sich stülpende Hautfalte (Fig. 18 *st*) hervorragt, sieht man einen mit diesem parallellaufenden linearen Eindruck, beziehungsweise also eine schwache nach innen vorspringende Leiste, die dem bewussten Muskel als Angriffsstelle dient.

Die Einfassung des Trommelfelles ist, wie schon bemerkt, eine einseitige, indem sie nur den Ober- und Hinterrand umgibt. Bei der Werre sieht sie einer kurzen breiten Gabel mit zwei ungleich langen und in einem Bogen in einander übergehenden Zacken ähnlich, die eine Art Halbring (Landois) formiren. In ihrer Beschaffenheit gleicht die Einrahmung vollständig jener der derberen Skeletpartien. Die Ränder der Einfas-

sung sind aber verhältnissmässig noch dicker als diese, was schon aus ihrer dunkleren, fast schwarzen Farbe abzunehmen ist.

Diese von den Rahmen der Acridier- und Cikadentympana sehr abweichende Umrahmung dürfte nicht ganz nebensächlicher Natur sein, da sie sich bei den verschiedensten Gryllodeenfamilien wiederholt. So finden wir sie ausser bei den Gryllusarten (Fig. 11, 12, 13) namentlich auch bei der ziemlich isolirt stehenden Gattung *Phalangopsis* (Fig. 5) wieder, wo sie aber, ähnlich wie bei *Gryllus apterus* (Fig. 13), die hintere Zirke verloren hat, indess das Gebilde bei *Gryllus domesticus* und *campestris* (Fig. 11, 12 *E*) eine mehr dreieckige Gestalt annimmt. Bei *Platydactylus* und *Brachytrupes* scheint eine besondere stärker chitinisirte Einfassung ganz zu fehlen, während das schöne, vollkommen glatte und nahezu kreisförmige Trommelfell von *Mogoplistes* (Fig. 14) an seiner Oberseite von einem ganz schmalen Rahmen umgeben ist.

Betreffs der Beschaffenheit des Trommelfelles sei dann noch Folgendes hervorgehoben. Bei *Phalangopsis* (Fig. 4) ist es auffallend stark convex, uhrglasartig gewölbt, im Übrigen aber von länglicher Form, während die schon erwähnten Trommelfelle von *Mogoplistes* und *Brachytrupes* mehr rundlich erscheinen. Bei letzterer Gattung ist die Insertionsleiste des Tympanalmuskels (Fig. 2) sehr schön ausgeprägt.

Nur selten, wie bei der Werre und *Mogoplistes*, sind die Trommelfelle vollkommen glatt, sonst finden sich ausser schwachen Fältelungen, die aber z. Th. durch die Präparation erzeugt sein mögen, allerlei oft höchst zierliche Sculpturen und meist auch ein dichter und spärlicher Besatz mit längeren oder kürzeren Härchen, wie wir solche ja auch an den Trommelfellen der Acridier häufig beobachten. Verhältnissmässig sehr rauh erscheinen zumal die Trommelhäutchen von *Phalangopsis*, die über und über mit kleinen Stiftchen besäet sind, als auch jene der meisten *Gryllus*-Arten, die vorwiegend kleinschuppiger Natur sind [1].

Die Tympana von *Tridactylus* verdienen noch einer besonderen Erwähnung. Sie stellen sich als eiförmige Ausschnitte der 2. Lateralplatte (Fig. 3 *T*, l_2) dar, die mit einer zarten glashellen Membran ausgekleidet sind, in deren Mitte, näher dem Hinterrande, eine stärker chitinisirte, das Tympanum im Kleinen nachahmende bräunlichgelbe Stelle sich findet, die zweifelsohne dem Tympanalmuskel als Handhabe dient.

Eine Vergleichung der betreffenden Lateralplatte (l_2) mit der gabelförmigen Trommelfelleinfassung der Werre und anderer Gryllodeen legt einem die Anschauung nahe, dass man es hier mit homologen Theilen zu thun habe, dass also mit anderen Worten die Trommelfellrahmen der genannten Thiere nur eigenthümlich differenzirte und den jeweiligen Zuständen der Tympana angepasste Lateralplatten seien.

Die Grössenverhältnisse der Tympana einiger Grillen sind aus nachstehender Tabelle zu entnehmen und machen wir vorläufig nur noch darauf aufmerksam, dass bei *Oecanthus* und *Orocharis* keine Spur dieser Organe entdeckt werden konnte.

Die Tabelle, welche selbstverständlich nur den Anfang einer umfassenderen Zusammenstellung geben soll, sagt uns, dass die zirpende Werre und die, so viel man weiss, stumme *Phalangopsis* aus Zanzibar weitaus die grössten Abdominaltympana besitzen, während *Tridactylus* (6·6!) und *Mogoplistes*, beide stumm, die kleinsten besitzen. Die von Landois behauptete Proportionalität zwischen der Stärke des Zirpvermögens und den Dimensionen des Trommelfelles, lässt sich aus den gegebenen Daten vernünftigerweise nicht näher begründen.

---

[1] Anmerkungsweise sei erwähnt, dass man die fraglichen Organe bei manchen Grillen desshalb nur sehr schwer unterscheiden und ihre Gegenwart constatiren kann, weil sie öfters eine starke pigmentirte Matrix haben. Bei der Werre, sowie bei den meisten im Dunkeln lebenden Thieren ist das Hauptpigment überhaupt sehr spärlich.

Name	Abstand zwischen d. 4. und 5. Stigma = *A*.	Länge des Trommelfelles = *T*.	$\frac{A}{T}$	Anmerkungen
Gryllus campestris	1·32	0·83	1·6	zirpt
Gryllus domesticus	1·10	0·66	1·6	„
Gryllotalpa vulgaris	2·58	2·16	1·2	„
Platydactylus von Amboina	1·25	0·81	1·5	„
Brachytrupes megacephalus	1·66	1·01	1·7	„
Orocharis	0·92	ohne Trommelf.	—	„
Oecanthus pellucens	0·75	„	—	„
Tridactylus apicalis	0·33	0·05	6·6	stumm
Phalangopsis aus Zanzibar	1·01	0·80	1·2	„
Mogoplistes brunneus Serv.	0·50	0·22	2·3	„
Gryllus apterus	1·25	Trommelf. sehr schwach	—	„

Wir kommen nun auf den inneren Bau und vornehmlich die Musculatur der Trommelfellgegend, wobei wir uns vorzugsweise an die Werre halten.

Von den specifischen Nervenendigungen der Acridiertrommelfelle abgesehen, bieten sich hier ganz ähnliche Verhältnisse dar. Das Trommelfell wird von einer mehr weniger pigmentirten, aus deutlichen polygonalen Pflasterzellen bestehenden Matrix überzogen, an die sich nach innen zunächst der flächenhaft ausgebreitete, lappige, von undurchsichtigen Concrementen strotzende Fettkörper (Fig. 10 *F*) anschliesst. Darüber lagert dann, das Trommelfell vollkommen bedeckend, eine flache Tracheenblase, die mittelst eines aus starken Röhren gebildeten Tracheennetzes mit den zwei benachbarten Stigmen in Verbindung steht. Namentlich mit Rücksicht auf diese Verhältnisse können unsere Organe mit jenen der Acridier homologisirt werden.

Übrigens haben die Gestaltungs- und Lagerungsverhältnisse der Respirationswerkzeuge der Tympanalgegend so wenig wie dort vor den nächstfolgenden Segmenten irgend etwas Besonderes voraus.

Hinsichtlich der Musculatur verweisen wir zunächst auf das in Fig. 8 mit ängstlicher Sorgfalt copirte Präparat einer längs des Rückens geöffneten Werre. Man erhält ein Bild der Musculatur des Meso- (B_2) und Metathorax (B_3), sowie der ersten 4 Leibesringe, deren in der Mitte getrennte Dorsalstücke seitwärts neben der Bauchfläche zu suchen sind. Die Blosslegung der uns speciell interessirenden Lateralmuskeln des 2. und 3. Ringes kostet einige Mühe, da diese Region ganz von Tracheen umsponnen ist (in der Figur links). Die benachbarten Ventralmuskeln werden zudem von jener zwischen den lateralen Gelenksfalten (*f*) ausgespannten Muskelplatte dem sog. ventralen Diaphragma verhüllt, von der wir seiner Zeit bewiesen haben, dass es den darunter liegenden Raum zu einem pulsirenden Blutsinus macht. Rechts ist dieses Diaphragma [1] z. Th. entfernt, um die den Lateralmuskeln angrenzenden Ventralmuskeln zu sehen. Der die seitliche Hautfalte des 2. Ringes in diagonaler Richtung überspannende Trommelmuskel (*TM*) ist gleichfalls sichtbar.

Letzterer, sowie seine nächste Umgebung ist in Fig. 9 separat dargestellt. Hier fallen zunächst die grossen, bandförmigen Segmentalmuskeln (*ba*) auf, welche die Seiten der Bauchplatten einnehmen. Näher der Ventralmittellinie bemerkt man dann in jedem Segmente einen platten flügelartigen Muskel (*fl*), dessen Fasern, in kleinere Bündel zusammengefasst, von einem Punkte ungefähr in der Mitte der Segmente auslaufen und sich am Hinterrande derselben inseriren. Ähnliche aber quer verlaufende Muskeln (*fl'*) entspringen an den Grenzen der bandförmigen. Es sind das die den sog. Herzflügelmuskeln entsprechenden Faserbündel des erwähnten Ventraldiaphragmas.

Rechter Hand sieht man die aus parallelen, schmalen Bündeln zusammengesetzten Hautmuskellagen der Rückenschienen, die dorsalen Segmentalmuskeln. Zwischen beiden, den dorsalen und ventralen Bündeln er-

[1] Wir machen darauf aufmerksam, dass diese Muskelplatte bei der Werre aus einem zierlichen Netzwerke, bei der Feldgrille dagegen aus durch sehniges Bindegewebe verknüpften einfachen queren Faserbündeln besteht.

kennt man dann die in mehrere Falten gelegte laterale Gelenkskaut sammt dem Trommelfell (*T*) und dessen Einfassung (*E*), welches z. Th. von letzterer überragt wird. In dieser Gegend hat man nun dreierlei Muskeln zu unterscheiden:

1. Solche, welche nur die unterste Hautfalte überbrücken (re_2). Diese halb ringartigen Muskeln ziehen, wie man aus dem bezüglichen Querschnitt in Fig. 18 (re_2) abnehmen kann, die unterste Hautfalte (*e*) nach innen und unten.

2. Muskeln (re_3), die sich zwischen der am meisten nach innen vorspringenden Hautfalte (Fig. 18 *st*) und der Seitenlinie der Rückenschiene (Fig. 18 *b*) erstrecken. Sie tragen gleichfalls zur Einstülpung der Gelenkshaut bei.

3. Hat man endlich Muskeln zu verzeichnen (re_1), welche, die ganze Breite der Gelenkshaut überbrückend sich zwischen den Seitenrändern der Bauch- und Rückenschiene ausspannen. Dies sind die strenge so zu nennenden Dorsoventralmuskeln, welche eine directe Annäherung der genannten Skelettheile bewirken.

Aus dem Umstande, dass wenigstens einer der letzt bezeichneten Muskeln auf der Spitze der stielartigen Trommelfelleinfassung Posto fasst, dürfen wir wohl mit Sicherheit schliessen, dass in dieser auffallenden Cuticulardifferenzirung eine specielle Anpassung nicht an das Trommelfell, sondern an die davon unabhängige Lateralmusculatur vorliegt.

An der trommelfellartigen Membran selbst entspringt nur ein einziger Muskel (Fig. 9, 10, 11 *TM*). Die Angriffsstelle dieses bandförmigen Muskels, der an Stärke und anderweitiger Beschaffenheit am meisten an die vorbeschriebenen Dorsoventralmuskel erinnert, liegt, wie wir schon wissen, bei den meisten Gryllodeen wenigstens, nahe dem Unterrande, nur bei *Tridactylus* näher der Mitte. Die Insertionsstelle dagegen, ist namentlich bei der Werre schon äusserlich leicht zu erkennen in Gestalt einer braunen Schwiele an den Seitenecken des Vorderrandes des 2. (und nicht ersten [Landois]) Hinterleibssegmentes (Fig. 7 *J*.) Sie liegt also unmittelbar hinter der Basis der Hinterbeine in der Tiefe jener Grube, welche von der zarten Gelenkshaut der Hüfte gebildet wird.

Unter sorgsamer Berücksichtigung sämmtlicher hier obwaltender Verhältnisse wird man sich kaum der Überzeugung verschliessen können, dass unser Tympanalmuskel (vergl. auch *TM* in Fig. 18) mit in die Kategorie der lateralen Gelenksmuskeln gehört und speciell den mit re_2 bezeichneten Bündeln nahe kommt. Diese vorzugsweise aus der Lagerungsart entnommene Anschauung erhält noch mehr Wahrscheinlichkeit, wenn man am lebenden Thiere die Beobachtung macht, dass gerade die Gelenkshaut hinter den Beinen, welche eben vom Tympanalmuskel überbrückt wird, behufs der Respiration sehr stark nach innen gezogen wird.

Hingegen lässt sich eine nähere Beziehung dieses Muskels zu dem sog. Trommelfellspanner der Acridier und dem Stridulationsmuskel der Cikaden anatomisch wenigstens nicht näher begründen, als eben damit, dass sämmtliche dieser Muskel in die Gruppe der queren Bündel gehören.

Hier sei noch der Verschlussmuskeln der Stigmen Erwähnung gethan. Im Gegensatze zu der bekannten Angabe Landois, dass zu dem Zwecke stets nur ein Schliessmuskel (Fig. 10 *an*) vorhanden sei, der am griffelartig verlängerten Verschlusshebel (Fig. 15 *a*) angreift und sich an einem höckerartigen Fortsatz des sog. Verschlussbügels (*b*) inserirt, findet man bei den Gryllodeen durchgehends auch einen besonderen Abzieher oder Öffnungsmuskel (Fig. 10 *ab*), der, parallel neben dem Tympanalmuskel verlaufend, gemeinschaftlich mit diesem an der erwähnten Chitinleiste sich anheftet.

Bei meinen wiederholten Nachforschungen über diesen Gegenstand ist es mir sogar gelungen, noch einen dritten Muskel (Fig. 10, 15 *c*) ausfindig zu machen, der sich, gleich dem strenge so zu nennenden Schliessmuskel am erwähnten Fortsatz des Bügels anheftet und hart neben dem Abziehmuskel gelagert, diesen bis zu seiner bekannten Insertionsstelle begleitet. Der eigentliche Schliessmuskel (Fig. 10 *an*), der den Hebel dem Bügel nähert und der letzterwähnte oder Bügelmuskel (*c*), der den Bügel gegen den Hebel hinzieht, arbeiten sich offenbar gegenseitig in die Hände.

Es dürfte sich gewiss der Mühe verlohnen, diesem höchst interessanten und bisher einzig dastehenden Mechanismus auch bei anderen Insectengruppen nachzuforschen.

Es erübrigt uns noch einen Blick auf die Innervirung der Tympanalregion zu werfen, deren genaue Entzifferung viele Geduld gekostet hat.

Die Vertheilung der Bauchmarksganglien bei der Werre ist folgende. Die drei grossen Brustknoten liegen an der gewöhnlichen Stelle. Das 1. Abdominalganglion, dem Metathoraxknoten hart angelagert und mit diesem von einem dornartigen Auswuchs des Sternums (Fig. 8 *do*) und den seitlich daran sich inserirenden Hüftmuskeln ganz verdeckt und auch in unserer Figur unsichtbar, findet sich ganz am Vorderrande der ersten Bauchschiene. Das 2. Ganglion (Fig. 8 g_2), von Landois gänzlich übersehen, nimmt die Mitte der 1. Bauchschiene ein. Das 3. Ganglion (g_3) liegt mit Überspringung des 2. Segmentes in der Mitte des 3., das 4. auf der Mitte des 5. und endlich das 5. Ganglion auf der Mitte des 8. Ringes [1].

Die von den ersterwähnten Knoten ausgehenden Spinalnerven vertheilen sich so.

Das Metathoraxganglion innervirt, von der Hinterbrust abgesehen, den ganzen ersten Ring und den grösseren Theil des zweiten. So geht speciell der Nerv *a* desselben (Fig. 9) zum Tympanalmuskel, zum Stigmenverschlussapparat und gibt einen Ast für die Dorsalmusculatur des 2. Ringes ab.

Daraus folgt also, dass die Abdominaltympana der Gryllodeen, obwohl im 2., beziehungsweise 3. Ring gelegen, dennoch, genau so wie jene der Acridier vom Metathoraxganglion aus innervirt werden.

Näheres Detail gibt noch Fig. 10. Ähnlich wie bei den Schnarrheuschrecken theilt sich der zum Tympanum gehende Nerv (*N*) in zwei Hauptäste, wovon sich einer an den Verschlussmuskeln des bezüglichen (4.) Stigmas weiter vertheilt, während der andere Zweig direct auf das Trommelfell losgeht, aber, und darin liegt der gewichtige Unterschied im Vergleich zu den Acridiern, nicht unverzweigt und in eine specifische Endigung auslaufend, sondern vielfach nach der Art gewöhnlicher Hautnerven sich verästelnd und mit manchen Zweigen über den eigentlichen Trommelfellbezirk hinausreichend.

Fassen wir das Wesentlichste der über unsere Organe gemachten anatomischen Mittheilungen zusammen, so haben wir es da, genau wie an den Trommeln der Acridier und Cikaden, mit einer scharf umschriebenen in einem besonderen festen Rahmen ausgespannten, elastischen Membran zu thun, deren Spannung durch einen eigenen Muskel regulirt werden kann, und die also von vorne herein für irgend eine oscillatorische Function bestimmt zu sein scheint.

Um diese aber näher zu prüfen, wollen wir uns folgende Fragen vorlegen.

1. Sind unsere Tympana schallerregende Membranen, also Analoga der Cikadentrommeln?

Für eine derartige Anschauung könnten höchstens die Tympana der der gewöhnlichen Zirporgane ermangelnden Gryllodeen, zumal jene von *Phalangopsis* sprechen, die bei ihrer starken Convexität die meiste Ähnlichkeit mit den Trommeln der Cikaden besitzen, während sie andererseits in dieser Form wenig zu anderen oscillatorischen Functionen und speciell zur Verstärkung oder Übertragung von Schallschwingungen geeignet sein möchten.

Da hingegen muss wieder constatirt werden, einmal, dass den Gryllodeentympanis jene rippenartigen Verdickungen, welche bei den Cikaden als conditio sine qua non der Schallerregung anzusehen sind, durchaus mangeln, und dann, dass keine einzige auf eine durch diese Organe verursachte Lautäusserung bezügliche Beobachtung vorliegt. Diese Frage wird also entschieden verneint werden müssen, und könnte man höchstens die weitere Frage stellen, ob unsere Organe diese Function nicht früher einmal besessen haben, heutzutage aber in einem verkümmerten Zustande sich befinden. Dagegen spricht aber gerade wieder *Phalangopsis*, bei der, da sie keine anderweitigen Stridulationsorgane hat, eine solche Rückbildung nicht gut zu begreifen wäre.

---

[1] Hofrath v. Brunner spricht in seiner jüngsten Schrift „Die morphologische Bedeutung der Segmente bei den Orthopteren (Festschrift der k. k. zool.-bot. Gesellschaft in Wien 1876) von einer Obliterirung der Ganglien in den Schlusssegmenten des Hinterleibes; es kann aber nur von einer Verschmelzung die Rede sein.

2. Sind die Gryllodeentympana schallverstärkende, resp. resonirende Membranen?

Hier müssen wir zunächst auf eine höchst auffallende Modification eines Acridiertympanums, nämlich auf jenes von *Cucculligera hystrix* aufmerksam machen, auf das wir seiner Zeit zu wenig Gewicht gelegt haben. Statt der bekannten zweischenkeligen Verdickung mit seinem zur Fixirung des Nervenendsystemes bestimmten Mittelknopfe, haben wir hier eine mit der Trommelmuskelsehne der Cikaden im Wesentlichen vollkommen identische Cuticulareinstülpung, die auch in der That als Muskelhandhabe zu fungiren scheint. Wir wissen nun zwar nicht, wie es hier mit den Nervenendigungen bestellt sei, sollten diese aber, was ich vermuthe, fehlen, so liegt hier entschieden ein den Cikadentrommelfellen physiologisch sehr nahe stehendes Organ vor, das, da die schallerregende Frictionsplatte dieser Heuschrecke unmittelbar darunter liegt, wie zu einem Resonanzboden geschaffen erscheint, wodurch also die alte Anschauung über die Schnarrheuschreckentympana wieder zu Ehren käme.

Ihrer ganzen Einrichtung nach könnten die Gryllodeentympana gewiss denselben Zweck erfüllen, wobei uns insbesondere der Umstand sehr bedeutend vorkommt, dass alle diese trommelfellartigen Gebilde in unmittelbarer Nachbarschaft eines Stigmas, resp. eines umfangreichen Luftbehältnisses liegen [1].

Hingegen muss man wieder fragen, wozu derlei schallverstärkende Membranen bei Thieren, z. B. *Phalangopsis*, *Tridactylus*, *Mogoplistes*, die keinerlei Lautäusserungen von sich geben, während sie einigen zirpenden Formen wie *Oecanthus* und *Orocharis*, die solche allenfalls brauchen könnten, ganz abgehen?

3. Haben wir es vielleicht mit acustischen Einrichtungen mit Trommelfellen im strengsten Sinne dieses Wortes zu thun?

Es wird Niemand behaupten, dass sie hiezu weniger geeignet sein sollten, als die Acridiertympana; im Gegentheil wäre die morphologische Übereinstimmung eine vollständige, wenn sich die specifischen Nervenendigungen einfänden.

Auch die gleichmässige Verbreitung der Tympana auf beide Geschlechter würde eher schallpercipirenden als producirenden, resp. verstärkenden Organen das Wort reden.

Wäre es denn bei diesem Sachverhalt nicht möglich, dass sich bei den Gryllodeen neben den mit Sinnesnervenendigungen wohlversehenen Tibialohren, auch solche an einer den Acridiern entsprechenden Stelle ausgebildet haben, dass aber die Differenzirung besonderer Nervenendigungen noch, gegenüber dem Müller'schen Organe der Schnarrheuschrecken, sehr im Rückstand ist [2]? Gegen eine solche Auffassung spricht aber wieder folgender Umstand.

An den bezüglichen Organen der Schnarrheuschrecken tritt die Nervenendausbreitung im Laufe der individuellen Entwicklung schon sehr frühzeitig auf, während das Trommelfell selbst erst sehr spät, kurz vor der Geschlechtsreife, sich zu differenziren beginnt. Nach dem Gesetz der sog. homochronen Vererbung darf

---

[1] Man darf wohl sagen, dass die gegenüber den Acridiern um ein Paar Ringe verschobene Lage der abdominalen Gryllodeentympana durch die hier etwas andere Localisirung der Stigmen bedingt sei.

[2] In einem früheren Aufsatze: „Bemerkungen über die Gehör- und Stimmorgane der Cikaden und Grillen“ (Sitzber. d. kais. Akad. I. Abth., Jahrg. 1872) drückte ich diese Anschauung folgendermassen aus:

Die ganze Frage scheint mir von nicht geringer Tragweite. Wird nämlich die schwer zu verkennende Homologie zwischen dem Tympanum der Grillen und jenem der Cikaden (mit Rücksicht auf ihren gesammten Bau, wobei speciell auch des v-förmigen Doppelmuskels zu gedenken ist) und andererseits jene zwischen dem letzteren und dem Acridiertrommelfell (wegen der gleichen Lage und der Formübereinstimmung mit dem Tympanum der Grillen) zugestanden, so hat meines Erachtens für die Ansicht, dass das Acridiertympanum ein Ohr sei, die letzte Stunde geschlagen, wenn man nicht etwa gar den Grillen, die sich bekanntlich eines Ohres an den Vordertibien erfreuen sollen, noch eines am Hinterleibe vindiciren will.

Es nimmt sich nun gewiss sehr eigenthümlich aus, wenn Landois in seinen Thierstimmen behauptet „ein österreichischer Naturforscher“ hat im löffelförmigen Organe der Werre den Gehörapparat erblicken wollen, das in ganz analoger (homologer!) Weise wie bei den verwandten Grillen in den Tibien der Vorderbeine belegen ist.

Wir wären Landois für eine nähere Beschreibung der letzteren viel dankbarer gewesen.

man also wohl annehmen, dass der Gang der historischen Entwicklung ein ähnlicher war, dass also zuerst der percipirende und nachher erst der leitende Abschnitt des ganzen Organes zur Entfaltung gelangte.

Für die abdominalen Gryllodeentympana würden wir aber nach dem Obigen gerade die umgekehrte Ordnung postuliren.

Wir könnten uns freilich auch mit der Annahme aus der Verlegenheit helfen, dass sich die fraglichen Organe, um mit Haeckel zu reden, nicht im Stadium des Aufblühens, sondern des Niederganges befinden, wobei möglicherweise die mit dem Verkümmern der Nervenendigungen dienstlos werdenden Tympana zu anderen Zwecken adaptirt werden und so, wenn auch in veränderter Gestalt, bis heute erhalten blieben.

4. Aber müssen unsere Gebilde denn mit Gewalt zur Bedeutung schallverstärkender, resp. leitender Organe hinaufgeschraubt werden, ist eine weniger auf Hypothesen fussende Erklärung derselben nicht möglich?

Es will uns dünken, dass Solches in der That der Fall sei. In den Spiegelhäutchen der Cikadenweibchen haben wir auffallend gestaltete und gleichfalls in einem besonderen Rahmen ausgespannte Integumentverdünnungen kennen gelernt, die höchst wahrscheinlich einzig und allein nur den Zweck haben, dem grossen abdominalen Luftbehälter für seine abwechselnde Füllung und Entleerung einen genügenden Spielraum darzubieten, indem sich diese Häutchen, ohne grossen Widerstand entgegenzusetzen, hervorstülpen lassen, wenn sich die Blase mit Luft vollsaugt, letztere aber, indem sie in ihre Ruhelage zurückzukehren trachten, wieder entleeren helfen, sobald der den Hinterleib zusammenschnürende Muskelmechanismus sein Werk beginnt.

Und warum sollten die Tympana der Gryllodeen nicht eben dazu vorhanden sein? Der zugehörige Muskel, der sich ja ohnehin als ein wahrer Exspirationsmuskel entpuppt hat, würde zu einer solchen differenzirten Stelle der lateralen Gelenkshaut nur eine erwünschte Beigabe sein, während die feste Einfassung des Häutleins, wie wir gleichfalls gesehen haben, einen guten Fuss für die nächst gelegenen Lateralmuskeln abgibt.

Unter dieser Annahme würde es auch leicht erklärbar, einmal, warum unsere Gelenkshautdifferenzirung bei beiden Geschlechtern gleichmässig und dann warum sie bei verschiedenen Gattungen so ungleich entwickelt ist, da ja einerseits der Umfang und die Beschaffenheit der gesammten Lateralmembran und andererseits auch das Respirationsbedürfniss ein sehr wechselndes sein dürfte.

Klar oder doch leichter verständlich würde dann endlich auch der eine Punkt, nämlich warum die den Gryllodeen sonst so eng verwandten Locustinen die betreffende Cuticulardifferenzirung nicht besitzen.

Selbstverständlich ist aber mit der Ausbildung derartiger trommelfellähnlicher Hautbezirke die Möglichkeit zur Um- oder Weiterbildung in active oder passive Schallorgane eine sehr naheliegende und dürften speciell die Ohren der Acridier durch dieses Stadium hindurch zu ihrem gegenwärtigen Status sich erhoben haben[1].

---

[1] Bei dieser Gelegenheit glauben wir erwähnen zu sollen, dass die Priorität hinsichtlich der richtigen morphologischen Deutung des Orthopteren-ovipositor, und zwar gegründet auf die Entwicklungsgeschichte nicht Dewitz (Z. f. w. Zoologie, 25. Bd. 1875), sondern uns gebührt, wie in unserer allerdings todgeschwiegenen Schrift „Die Entwicklungsstadien der *Orthoptera Saltatoria*", (Vukovar 1868) Fig. 9 und 11 nachzusehen. Dass wir später durch die Autorität eines Lacaze-Duthiers verführt, die richtig erkannte Wahrheit für einige Zeit gegen einen Irrthum in Kauf nahmen, ändert an der Sache nichts. Betreffs der Immen hat aber auch nicht Dewitz, sondern der rühmlich bekannte Kerf-Embryologe Ganin den Vortritt (Z. f. w. Zoologie, Bd. 19, Taf. 32, Fig. 3), nach dessen Untersuchungen bei den Pteromalinen an der Bildung des äusseren Geschlechtsapparates nicht 2, sondern 3 Ringe mit je einem Paar ventraler Anhänge betheiligt wären. Dass nicht, wie Brunner (o. c.) meint, Unterkiefer und Unterlippe einem einzigen Kopfsegment angehören, bemerken wir nur für die der Insecten-Embryologie ferne stehenden.

ERKLÄRUNG DER TAFELN.

Durchgehende Bezeichnungen.

R_1 Pro-, R_2 Meso-, R_3 Meta- } Notum

r_1 b_1, r_2 b_2 … r_{10} b_{10} Rücken-, resp. Bauchplatte des 1., 2. … 10. Hinterleibssegmentes.

TAFEL I.

Toninstrumente der Cikaden.

(sämmtliche Figuren mit Ausnahme von 13 bezogen auf *Cicada plebeja*).

sch_1, sch_2, sch_3 schuppenartiger Fortsatz der Vorder-, Mittel-, Hinterbrust.

T Trommel.
M zugehöriger Muskel.
S Sehne desselben.

Di Diaphragma zwischen der 1. und 2. Hinterleibsrückenschiene.
Sp spiegelnde oder Gelenkshaut zwischen der 1. und 2. Hinterleibsbauchschiene.
g ventrale Gelenkshaut zwischen dem Metathorax und dem Hinterleib.

Fig. 1. ♂. Profilansicht.
Fl_1 Vorder-, Fl_2 Hinterflügel; st_1 Stigma hinter dem Pro-, st_3 hinter dem Metathorax. Der Deckel des Trommelfelles (*T*) ist weggeschnitten. Vergrösserung 1 ½.

„ 2. ♂. Zur Orientirung über die Trommelgegend und dessen Umgebung.
H Trommelhöhle. *D* Deckel. *g*, *g'*, *g''* Gelenksmembran hinter dem Metathorax. V. 2½.

„ 3. Dasselbe vom Weibchen.
b Stachelfortsatz an der Basis der zum Theil abgeschnittenen Bauchschuppen (sch_3). V. 1½.

„ 4. ♂. Hinterleib halb von vorne gesehen. V. 2/1.

„ 5. ♂. Längsschnitt, um die grosse Tracheenblase (*Bl*) und den Trommelmuskel *M* zu zeigen. Der Hinterleib hat 10 Ringe, die letzten zwei bilden das Penisfutteral.
Di Diaphragma zwischen Meso- und Metathorax zur Anheftung der Niederdrücker der Vorderflügel. *a* bindegewebiges Suspensorium des Trommelmuskels. V. 2/1.

„ 6. Dasselbe vom Weibchen, bei dem die Tracheenblase viel kleiner ist.
Ov Eierstock, der nicht am Rückengefäss, sondern mittelst des Stranges (*v*) am Kopf befestigt wird. *D* Darm. *L* Legeröhre. Natürl. Grösse.

„ 7. ♂. Skelet des 1. und 2. Hinterleibsringes schief von hinten gesehen.
k kammförmiger Aufsatz des seitwärts in Flügel auslaufenden Trommelmuskelgestelles (b_1). Unter dem Kamm ein Canal zum Durchtritt der Ganglienkette. V. 2/1.

„ 8. ♂. Trommelfellartiges Toninstrument mit seiner Einfassung und dem Trommelmuskel von aussen im schlaffen Zustand.
O Ober-, *U* Unter-, *V* Vorder-, *H* Hinterrand. *R* dünne, nachgiebige Randzone. *m* blasenartiger Mittelhöcker, an den sich vorne die rippenartigen Saiten anschliessen. *a* Angriffsstelle der Trommelmuskelsehne. *uz* Richtung, in der der Zug des Muskels erfolgt. *xy* Richtung, in der das Trommelfell eingestülpt wird. V. 7/1.

„ 9. ♂. Dasselbe von der concaven aber hier flach ausgebreiteten Innenseite besehen.
d knopfartige Verdickung. *a* innerlich vorspringende Leiste. $ri_1, ri_2, \ldots ri_4$ die vier in einen gemeinsamen Stamm sich vereinigenden Haupt-, z_1, z_2, z_3 die interpolirten Mittelrippen oder Zwischenstücke. *S* tellerartige Sehne des Trommelmuskels, *S'* dessen bandförmige Fortsetzung. V. 9/1. Gez. mit d. Cam. luc.

Fig. 10. ♂. Die Trommel (Fig. 8) im contrahirten Zustand, wobei die Rippen in der Mitte geknickt werden und sich hart aneinander drängen. V. 7/1.

„ 11. ♂. Längsschnitt in der Richtung *ts* in Fig. 2.
$\alpha\beta$ erste Dorsalschiene, zur Trommel sich differenzirend, β die gelenkartige Einstülpung zwischen der 1. und 2. Schiene ($\beta\gamma\delta\varepsilon$), $\delta\gamma$ der Trommelhöhlendeckel. Vergr.

„ 12. ♂. Dasselbe in der Geraden *xy* (Fig. 2).
Tr Tracheenblase, *v* kurzbehaarte Vorder-, *h* langbehaarte Hinterlippe des in der Gelenkshaut zwischen Metathorax (R_3) und 1. Rückenschiene ($\alpha\beta$) gelegenen Stigmas. *c* äussere Concavität der Trommel, ri_1, ri_2, ri_3 Durchschnitte durch die rippenartigen Verdickungen, *m* durch das blasenartige Mittelfeld (Vergl. Fig. 8).

„ 13. ♂. Neunrippiges, ganz offenes Toninstrument (*T*) von *Cicada haematodes* ♂. Im contrahirten Zustand, wo die Rippen in schiefer Richtung von oben und innen nach unten und aussen eingezogen erscheinen.
k knopfartige Verdickung. V. 5/1.

„ 14. Sog. Metathoraxstigma des ♂ ohne Spur der von H. Landois beschriebenen „Stimmbänder," sammt dem daran hängenden Tracheensack. Gez. mit d. Cam. luc. Vergr.

TAFEL II.

Abdominale Tympana der Gryllodeen.

Durchgehende Bezeichnungen.

T trommelfellähnliche Hautstelle,	st_3 Stigma des Metathorax, resp.	1.	Abdominalsegmentes,	
E deren Einfassung,	st_4 „ „	2.	„	
TM Tympanalmuskel,	st_5 „ „	3.	„	

Fig. 1. Metathorax (R_3) und Hinterleibsbasisprofil von *Brachytrupes megacephalus*.
g laterale Gelenkshaut zwischen den Rücken- und Bauchschienen, auf welcher das Trommelfell *T* zwischen den Stigmen st_4 und st_5 gelegen ist. B_3 Coxa des Hinterbeins. Br_3 Metasternum. V. 2/1.

„ 2. Tympanalgegend vom gleichen Insect.
L Muskelinsertionsleiste auf dem Trommelfell (*T*). V. 10/1. Cam. luc.

„ 3. Dasselbe von *Tridactylus apicalis*. In der seitlichen Gelenkshaut eine Reihe stark chitinisirter Lateralplatten (l_1, l_2...) In der 2. das Trommellfell (*T*) mit einer mittleren Verdickung. V. 45/1. Cam. luc.

„ 4. Profilansicht der Brust und der Hinterleibsbasis von *Phalangopsis* sp. n. aus Zanzibar mit einem stark convexen Trommelfell. Vergr.

„ 5. Tympanalgegend vom gleichen Thier. V. 20/1. Cam. luc.

„ 6. Dasselbe von *Gryllotalpa vulgaris*.
g, *g'* laterale Gelenksfalten, *l* Muskelinsertion.

„ 7. Dasselbe mit weiterer Umgebung hinter der Hinterbeinbasis (B_3) eine Grube, darüber, schief nach hinten, das Trommelfell *T*.
g laterale Gelenksfalten. *J* Insertion des Tympanalmuskels an der Seite des Vorderrandes der 2. (und nicht 1. Landois) Bauchschiene. Vergr.

„ 8. Vom Rücken her geöffnete Werre zur Demonstrirung der Hautmusculatur.
B_2 Mittel-, B_3 Hinterbeine. G_2 Mesothoraxganglion, g_2, g_3 2. und 3. Abdominalganglion. *bS* sog. Bauchseptum, eine undulirende muskulöse Platte. *TM* Tympanalmuskel. V. 3/1.

„ 9. Eine Hautmuskelpartie eben daher.
ba bandförmige, *fl* und *fl'* flügelartige Bauchmuskeln. re_1, re_2, re_3 laterale oder Dorsoventral-Muskeln (Respirationsmuskeln). *TM* Tympanalmuskel. *a* vorletzter, *b* letzter Metathoracalganglion-Nerv, *c* Nerv, vom 1. Abdominalganglion. Chlorpalladiumpräparat. Vergr.

„ 10. Tympanalgegend der Werre von innen.
T Trommelfell, *E* Einfassung, *TM* Tympanalmuskel, *an* Anzieh-, *ab* Abziehmuskel des Stigmenverschlusshebels, *c* Anzieher des Verschlussbügels. *N* Nerv. *F* Fettkörper. Vom Trommelfell ist die Matrix z. Th. abgelöst. V. 10/1. Cam. luc.

„ 11. Dasselbe von der Feldgrille. Man sieht den die seitlichen Gelenksfalten überspannenden Tympanalmuskel. V. 10/1. Cam. luc.

„ 12. Dasselbe von *Gryllus domesticus* von aussen. V. 10/1. Cam. luc.

„ 13. Dasselbe von *Gryllus apterus*. Trommelfell (*T*) rudimentär. V. 20/1. Cam. luc.

„ 14. Dasselbe von *Mogoplistes brunneus* Serv. V. 20/1. Cam. luc.

„ 15. Dasselbe von *Platydactylus* von Amboina.
a Verschlusshebel, *b* höckerartiger Fortsatz des Verschlussbügels. *ab* Richtung, in welcher der Abzieher des Verschlusshebels, *an* dessen Anzieher und *c* der Anzieher des Verschlussbügels sich zusammenzieht. V. 20/1. Cam. luc.

„ 16. Dasselbe von *Oecanthus pellucens*. Keine Spur eines Trommelfelles (*T*). V. 20/1. Cam. luc.

Fig. 17. Dasselbe von *Orocharis* spec. Trommelfell kaum kenntlich. V. 20/1. Cam. luc.

„ 18. Theil eines Querschnittes durch das 2. Hinterleibssegment der Werre.
ab Rücken-, *gh* Bauchschiene, *bg* die in Falten gelegte Gelenkshaut, *T* Trommelfell, *c* dessen obere dicke Einfassung. *st* Stigma. re_1, re_2, re_3 Respirationsmuskeln (vergl. Fig. 9). *TM* Tympanalmuskel. Vergr. schematisch.

„ 19. Dasselbe von einem Acridier.
f laterale Gelenkshaut, der untersten Falte von jener der Werre entsprechend, während das stigmentragende unterste Stück (*be*) der Dorsalschiene der oberen Partie der Werrengelenkshaut (*be*) entspricht, schematisch.

Anhang betreffs der Cikaden-Trommeln.

Bei unserem letzten Wiener Aufenthalte hatten wir Gelegenheit, im Hofmuseum die dortige schöne Cikadensammlung auf unseren Gegenstand zu durchmustern. Unsere Vermuthung, dass die Entfaltung der einzelnen Bestandtheile des Trommelapparates bei den verschiedenen Formen eine sehr verschiedengradige sei, hat sich vollkommen, ja über die Erwartung hinaus bestätigt. Alle Theile, die Trommeln selbst, ihre Deckel, die Spiegeln, die Bauchschuppen zeigen die grösste Mannigfaltigkeit. Bei keinem der angesehenen Cikadenweibchen ist aber eine Spur der Trommeln zu sehen. Im Einzelnen heben wir noch folgendes hervor.

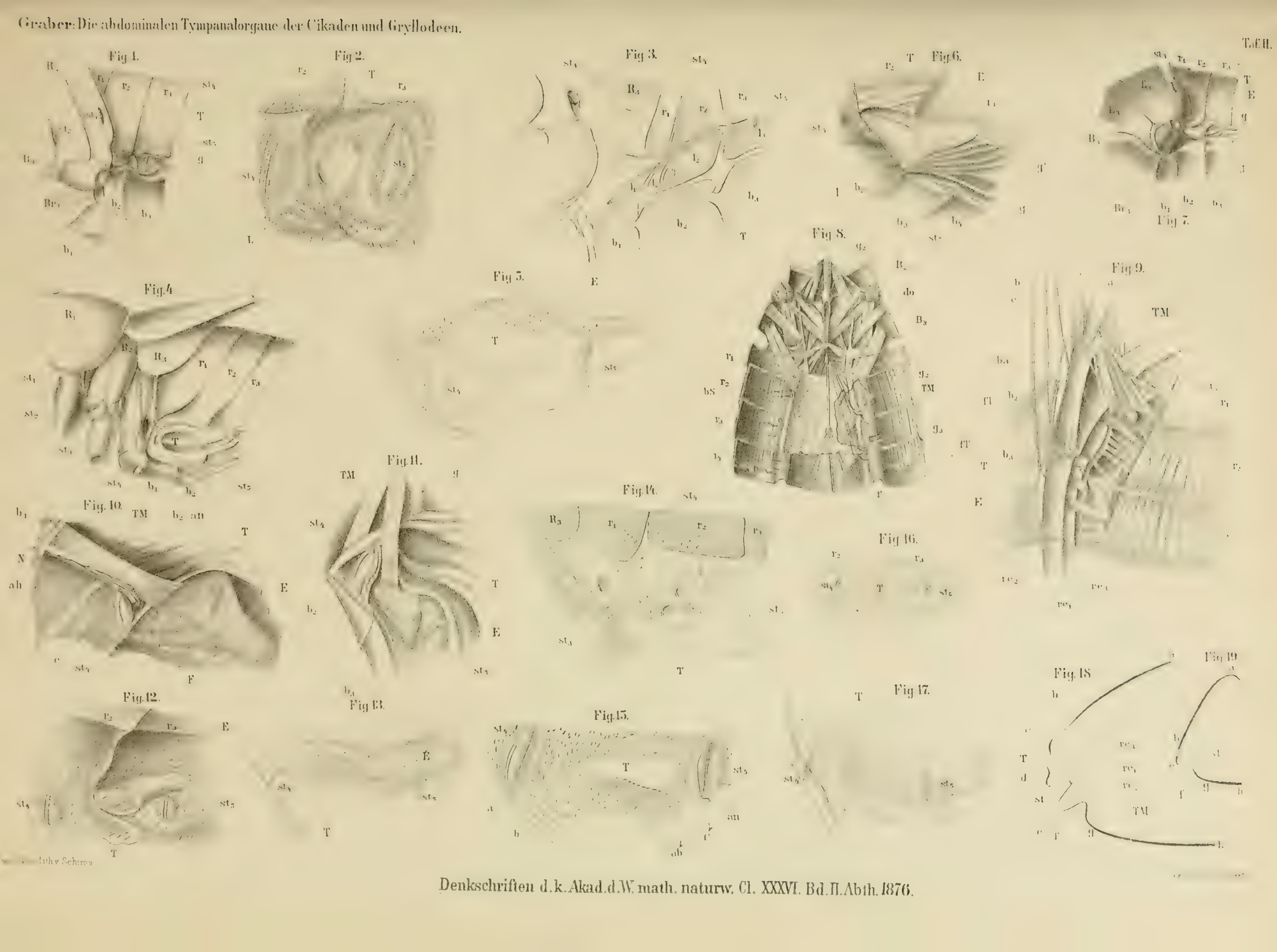
Bei *Cicada regina* M. S., *Josena fasciata* aus Java und *Polyneura Hügelii* sind die offenen Trommeln, der ganzen Configuration des betreffenden Ringes entsprechend, gegen die Bauchseite gerückt. Die Trommeln von *Gaeana Pulchella* Hope, *Platypleura stridula* L. und *Cicada querula* Pall. werden theils ganz, theils zum grossen Theil durch einen blattartigen Vorsprung des 2· Ringes bedeckt. Offene Trommeln haben dagegen: *Huechis incarnata* Germ., *Tettigomyia vespiformis* Serv. (tiefe Trommelgrube), *Carineta villosa* Germ., *Cicada Sareptanus* Fieb. (armsaitig), *C. cantans* (a. s.), *brachyptera* (a. s.), *Hageni* Fieb. (a. s), *taurica* M. L., *Alhageos* Kolen. (vielsaitig = *C. haematodes*), *Musiva* Germ. (v. s.) und *dimissa* Hag. (a. s.).

Wie wir sehen, lassen sich die meisten Cikadentrommeln unter die oben behandelten zwei Typen, nämlich von *C. plebeja* und *C. haematodes* bringen. Die ganze mechanische Einrichtung der Trommeln scheint bei der Mehrzahl im Wesentlichen die gleiche, die blasenförmige Auftreibung des „Mittelfeldes" wenigstens findet sich auch bei Exoten (*Huechis incarnata* Germ.) wieder. Eine Art Genealogie der Cikadentrommeln lässt sich mit dem Wiener Material aber nicht aufstellen.

Fig. 1. Fig. 2. Fig. 3. Fig. 4. Fig. 5. Fig. 6. Fig. 7. Fig. 8. Fig. 9. Fig. 10. Fig. 11. Fig. 12. Fig. 13. Fig. 14.



Graber: Die abdominalen Tympanalorgane der Cikaden und Gryllodeen.





BEITRÄGE

ZUR

VERGLEICHENDEN ANATOMIE DES HOLZES.

VON

DR. JOSEPH MOELLER.

(Mit 6 Tafeln.)

VORGELEGT IN DER SITZUNG DER MATHEMATISCH-NATURWISSENSCHAFTLICHEN CLASSE AM 6. APRIL 1876.

Einleitung.

In seinen „Beiträgen zur vergleichenden Anatomie der Holzpflanzen“ [1] sagt Hartig:

„Ich glaube, dass es zweckmässig sein wird, wenn man bei weiterer Bearbeitung die angegebenen Charaktere in vorbezeichneter Weise für die Gruppenbildung benützt, und die Gattungen jeder Gruppe durch Ergänzungsdiagnosen von einander scheidet, wobei dann zugleich auch das quantitative Verhältniss der constituirenden Organe seinen Ausdruck finden kann. Stellt man diesen Holzformeln noch Bastformeln zur Seite, so wird sich daraus nicht allein eine scharfe Charakteristik der dicotylen Pflanzen nach deren innerem Baue, sondern auch eine Übersicht der hierin bestehenden Übereinstimmungen und Verschiedenheiten ergeben, die allerdings, wie wir schon jetzt sehen können, in vielen Fällen mit den heutigen, aus Äusserlichkeiten hergeleiteten Systemen wenig übereinstimmen.“

Dagegen schliesst Sanio aus seinen „Vergleichenden Untersuchungen über die Zusammensetzung des Holzkörpers“ [2], „dass die von der Holzanatomie herzunehmenden Merkmale keinen absoluten, sondern einen relativen Werth haben, eine Erscheinung, die uns nicht befremden kann, da wir dasselbe bei sämmtlichen morphologischen Merkmalen wiederfinden. So wird wohl die Holzanatomie, wie die vergleichende Anatomie überhaupt, zur Stütze der Systematik gleichfalls benützt werden können, keineswegs wird sie aber, wie dies Hartig zu hoffen scheint, im Stande sein, die „aus Äusserlichkeiten hergeleiteten Systeme“ zu stürzen“.

Wenn ich hier die Ansichten des Begründers der vergleichenden Anatomie des Holzes und ihres vornehmsten Förderers gegenüber stelle, so geschieht es, weil dadurch mit einem Schlage der heutige Standpunkt dieser Disciplin gekennzeichnet ist, soweit er sich auf die von Hartig angeregte Frage über den Zu-

---

[1] Bot. Ztg. 1859, p. 107.

[2] Bot. Ztg. 1863, p. 408.

sammenhang der Systematik und der Histologie bezieht. Dass wir seither der Entscheidung nicht näher gerückt sind, findet seine Erklärung darin, dass die neueren Arbeiten nur in beschränktem Grade zur Lösung der Frage herangezogen werden können. Es sind einzelne Beschreibungen der technisch wichtigen, der wenigen in der Medicin verwendeten oder durch irgend ein Vorkommniss beachtenswerthen Hölzer. Nur wenige Ordnungen, von Classen nur die Coniferen, sind im Zusammenhange anatomisch erforscht.

Um eine klare Einsicht und ein richtiges Urtheil zu gewinnen, müssen viele Arten aus möglichst zahlreichen Ordnungen aus einem Gusse und von einem Gesichtspunkte aus untersucht werden. Im anderen Falle wird man sich dem fehlerhaften Schlusse schwer entziehen können, den man in der That bei den Autoren findet, dass die einen bis auf die Art herabreichende histologische Differencirung der einzelnen Organe annehmen, während die anderen an der Möglichkeit verzweifeln, selbst Familien nach anatomischen Merkmalen zu gruppiren. Beide stützen sich dabei auf Beobachtungen und Erfahrungen, deren Richtigkeit an sich zugegeben werden muss; dennoch erweisen sich die aus ihnen gezogenen Schlüsse als falsch, sobald man für dieselben eine breitere Grundlage zu gewinnen sucht.

Ist man überhaupt berechtigt, von dem Studium des feineren Baues der Pflanzen Aufschlüsse zu erwarten über ihre natürliche Verwandtschaft? Es scheint fast als könnte mit nein geantwortet werden, wenn man die systematischen Bearbeitungen selbst der neuesten Zeit betrachtet und vergebens nach histologischen Daten sucht wo mit aller Genauigkeit Zahl, Stellung etc. der Vegetations- und Fructificationsorgane angegeben sind. Dass aber die Frage entschieden bejaht werden muss, zeigen Arbeiten, wie die von Eichler[1], Engler[2] und Radlkofer[3]. Indem sie die Ergebnisse der Entwickelungsgeschichte, der Anatomie und Morphologie vereinigten, haben sie Licht verbreitet über Familien, für deren heterogene Auffassung jedes systematische Werk die Belege liefert. Sie haben damit den Beweis geführt, dass der von ihnen eingeschlagene Weg der richtige ist und gezeigt, warum die Versuche missglückt sind, in der Histologie eine Stütze der Systematik zu finden.

Ist man sich der Ziele bewusst, dann kann auch auf einem anderen Wege die Aufgabe gefördert werden: durch die möglichst vollständige Erforschung der Organe. Es gehört dazu auch die vergleichende Betrachtung und man kommt naturgemäss dahin, die Organe nach ihrer grösseren oder geringeren Ähnlichkeit zu gruppiren. Es entsteht auf diese Art das System eines Organes. Bringt man es in Zusammenhang mit den Organismen, so findet man, dass es im Allgemeinen nicht zusammenfällt mit der aus der Summe aller anderen morphologischen Beziehungen sich ergebenden natürlichen Verwandtschaft, wenngleich im Einzelnen manche Stütze für das System gewonnen sein wird. Man wird nicht selten in eine ohnehin lockere Verwandtschaft einen neuen Trennungsgrund gebracht haben; oder es wird eine sichere Entscheidung getroffen werden können, wo man bisher wegen der Gleichwerthigkeit der anderen Merkmale schwankte; oder endlich, man wird zu dem Schlusse kommen, dass das abweichend gebildete Organ eine sonst gut umschriebene Gruppe nicht zu trennen vermag. Möge das Ergebniss dieser vergleichenden Betrachtung welches immer sein, in keinem Falle darf auch nur der Versuch gemacht werden, an Stelle des natürlichen Systems das System irgend eines Organes zu setzen.

Die Erwartung, welche Hartig ausgesprochen hat, ist unerfüllbar; es ist unstatthaft, ein Organ hervorzuheben und nach seiner Differencirung die Organismen zu gliedern und wäre dieses Organ selbst das physiologisch hervorragendste. Sowie der Zoologe arge Verwirrung anrichten würde, welcher den Bau der Circulationsapparate oder des Verdauungstractes allein seinem Systeme unterlegte, so hiesse es auch zu einem längst überwundenen Standpunkte zurückkehren, wollte man ein Pflanzensystem auf die Histologie des Holzes und der Rinde oder irgend eines anderen Organes aufbauen. Das Bild der natürlichen Verwandtschafts-

---

[1] Versuch einer Charakteristik der natürlichen Pflanzenfamilie *Menispermaceae*. München 1864.

[2] Studien über die Verwandtschaftsverhältnisse der Rutaceen, Simarubaceen, Burseraceen etc. Abhandl. d. naturf. Ges. zu Halle. XIII, 2.

[3] Monographie der Sapindaceen-Gattung *Serjania*. München 1875.

verhältnisse der Pflanzen, wie es sich aus der Betrachtung aller Organe ergibt, würde verzerrt werden, während es sich desto harmonischer gestalten wird, je vollkommener die Organe studirt, je vielseitiger sie erkannt sein werden.

Die beschreibende Botanik darf sich der mikroskopischen Anatomie nicht entschlagen, ja sie soll ein integrirender Bestandtheil derselben sein.

In den folgenden Blättern findet sich die histologische Zusammensetzung des Holzes von etwa 350 Arten aus 99 Ordnungen. Ich glaube dadurch für die vergleichende Betrachtung dieses in so vieler Beziehung wichtigen Bestandtheiles der Pflanzen einen Grund gelegt zu haben, dem ein Aufbau mit Beruhigung anvertraut werden kann.

Wenn mehrere Repräsentanten einer natürlichen Ordnung zur Untersuchung vorlagen, wurden die gemeinsamen Charaktere zusammengefasst, die Unterschiede hervorgehoben. Dadurch wurde mancher brauchbare Familiencharakter gewonnen; aber auch Zweifel wach gerufen über die richtige Stellung in dem einen oder dem anderen Systeme. Berufene mögen sie verwerfen oder verwerthen. Ich habe mich begnügt, auf dieselben hinzuweisen und selbst in überzeugenden Fällen nicht gewagt, eine Änderung vorzunehmen, bin vielmehr in der Anordnung des Stoffes dem einmal gewählten Systeme treu geblieben.

Damit war ich bemüht, der mir gestellten Aufgabe nach einer Richtung gerecht zu werden, es handelte sich aber auch darum, tiefer in die Erkenntniss der anatomischen Zusammensetzung des Holzes einzudringen. Es ist nämlich auffallend, dass die so lichtvolle Darstellung des elementaren Baues des Holzes von Sanio die allgemeine Anerkennung nicht gefunden hat, wie man schliessen muss, wenn man in den neueren Beschreibungen seine Terminologie entweder gar nicht oder in einem Sinne angewendet findet, der ihrem Schöpfer fremd ist. Trägt Indolenz allein Schuld daran oder entspricht die scheinbar so scharf umschriebene Gliederung der Elemente den natürlichen Verhältnissen nicht?

Es stand zu erwarten, dass diese Frage an der Hand des ansehnlichen und zum grossen Theile bisher nicht untersuchten Materiales werde beantwortet werden können. Das System von Sanio hat sich nicht in vollem Umfange bewährt. Damit kann kein Tadel ausgesprochen sein, da es ja im Wesen jeder inductiven Wissenschaft liegt, dass durch neue Thatsachen die Anschauungen modificirt werden. Die folgende Darstellung ist der Ausdruck der Erfahrungen, welche aus den im speciellen Theile niedergelegten Untersuchungen gewonnen wurden.

Die Elemente des Holzes[1].

1. Die Gefässe.

Die Gefässe bestehen aus weitlichtigen, reichlich getüpfelten, häufig spiralig verdickten, axial gestreckten Elementen.

Die Beurtheilung der Weitlichtigkeit eines Elementes resultirt aus der Vergleichung der Wanddicke mit dem Lumen. Obgleich es beträchtlich verdickte Gefässe gibt, so ist doch immer der Durchmesser des Lumens mindestens so gross, in den weitaus meisten Fällen um Vieles grösser, als die Dicke der Wand. Ich halte es für zweckmässiger, die Gefässe durch Weitlichtigkeit anstatt durch Dünnwandigkeit zu charakterisiren, denn sind auch beide Begriffe relativ, so hat doch der erstere den Vortheil, dass er direct beurtheilt werden kann, während für den letzteren ein Vergleichsobject erst angegeben werden müsste.

Als ein solches bieten sich naturgemäss die benachbarten Elemente zunächst dar, und da wird man nicht selten in die Lage kommen, zu constatiren, dass die Gefässe ebenso stark verdickt sind wie die anderen Elemente, ja dass diese sogar dünnwandiger sind.

[1] Dieser Darstellung, sowie den speciellen Beschreibungen ist nur das Holz des Stammes zu Grunde gelegt. Wurzelholz und das Holz der Markscheide ist unberücksichtigt geblieben.

Der Querschnitt der Gefässe ist, wenn er von den benachbarten Elementen in der Entwicklung nicht beeinträchtigt wird, rundlich oder elliptisch mit radial gestellter grossen Axe. Dieser Contour kommt nicht oft zur Anschauung, weil die Gefässe meist in Gruppen vereinigt sind, und ist es auch nicht der Fall, so werden sie vermöge ihrer dünnen Membran von dem angrenzenden derbwandigen Libriform oft in eckige Formen gedrückt.

Es verdient dies hervorgehoben zu werden, weil durch das Missverhältniss in der Wanddicke der Gefässe und des Libriform die Lumina der ersteren sehr charakteristische Formen annehmen.

Die isolirte Stellung und Gruppenbildung ist gewissermassen auch für die Gefässe bezeichnend. In den meisten Fällen entstehen radial geordnete Gruppen, selten bilden sie zusammenhängende Complexe oder tangentiale Schichten. Das Parenchym kommt auch in isolirten Faserzügen und in Gruppen vor, aber die letzteren haben die vorwaltende Neigung zur tangentialen Schichtung. Das Libriform bildet fast immer das Grundgewebe, äusserst selten wird es durch eines der anderen Elemente verdrängt.

Die absolute Weite des Lumens schwankt innerhalb breiter Grenzen. Von 0·3 Mm. sinkt sie herab bis auf den Durchmesser des Libriforms oder Parenchyms (0·012 Mm.), von dem dann das Gefäss auf dem Querschnitte häufig gar nicht zu unterscheiden ist, wenn die Verdickung gleich ist. Im Allgemeinen nimmt die Grösse der Gefässe innerhalb eines Jahresringes nach aussen hin ab. Dadurch ist ein wesentliches Moment für die Bildung der Jahresringe gegeben. Nicht selten ist aber der Unterschied sehr verwischt und namentlich bei den tropischen Arten, bei dem Mangel scharf begrenzter Vegetationsperioden meist unkenntlich.

Bei *Hippophoe rhamnoides* sind die ersten Frühlingsgefässe kleiner als die folgenden.

Wenngleich den Gefässen allgemein behöfte Tüpfel zugesprochen werden, so muss doch Jeder, der sich mit ihrer Untersuchung beschäftigt hat, zugeben, dass mitunter der Nachweis des Tüpfelhofes nicht gelingt. Die häufigste Ursache ist die ausserordentliche Kleinheit des Tüpfels, welcher punktförmig ist; aber auch bei den grössten Tüpfeln würde ich manchmal nicht zu entscheiden wagen, ob der mit der Einstellung wechselnde schmale, helle Saum der optische Ausdruck einer Verdickung oder eines Hofes ist. Da aber diese Fälle nur sehr selten vorkommen, so zählt man mit Recht die behöften Tüpfel zu den hervorragendsten Charakteren der Gefässe.

Sie bieten einige formelle Verschiedenheitenheiten dar. Die Pore ist rundlich oder spaltenförmig, dann immer die Achse des Gefässes in einem sehr stumpfen Winkel kreuzend. Die Spalte vereinigt sich nicht selten mit benachbarten und es entsteht eine spiralige Zeichnung. Sie ist auch hie und da verbreitert, von den angrenzenden nur durch schmale, verdickte Leisten getrennt und es entsteht eine netzige Zeichnung.

Gerade in diesen Fällen ist das Vorhandensein eines Hofes oft schwer nachweisbar, sonst ist dieser als runder, quer elliptischer, auch unregelmässiger oder in polygonale Formen abgeplatteter Saum der Pore deutlich erkennbar. Seine Grösse schwankt von der Unkenntlichkeit bis zur Breite von 0·003 Mm.

Die Gefässe sind mehr oder minder dicht getüpfelt bis dahin, dass die Membran ein chagrinartiges Aussehen erhält. Nicht selten sieht man, namentlich an weiten Gefässen, tüpfelfreie Stellen, welche rhombische Figuren zusammensetzen.

Hartig hat daraus geschlossen, dass die Gefässe durch seitliche Verschmelzung von Zellen und Resorption der nicht verwachsenden Membrantheile entstehen. Es hat schon Sanio das Irrthümliche dieser Auffassung dargethan und jene grossmaschigen Netze als Ausdruck solcher Stellen bezeichnet, wo die Wände je zweier Nachbarzellen senkrecht auf die Gefässwand zu stehen kommen. Indem ich mich dieser Erklärung anschliesse, füge ich einige Worte hinzu über die Abhängigkeit, in welcher die Tüpfelung der Gefässe vor der benachbarter Elemente steht.

Dass eine solche Abhängigkeit besteht, das beweist schon der eben erwähnte Fall, dass die Gefässe tüpfelfrei sind, wo sie mit den angrenzenden Zellen nicht in Communication treten können. Die Gefässe sind spärlich getüpfelt, wenn sie an Libriform grenzen, reichlich und abweichend getüpfelt, wenn sie an

Parenchym grenzen oder von Markstrahlen gekreuzt werden. Diese Beziehungen sind bei den Coniferen am deutlichsten zu verfolgen, wo dieselben auch ausführlicher besprochen sind.

Die spiralige Verdickung ist zwar kein allgemeiner und ausschliesslicher Charakter der Gefässe, verdient aber wegen des häufigen Vorkommens unter ihren Kennzeichen angeführt zu werden. Ich verstehe darunter ein deutlich in das Lumen des Gefässes hineinragendes, in Form einer Spirale gewundenes Band. Es ist häufig zehr zart, mitunter aber sehr breit und eng gewunden, mehr oder weniger steil ansteigend. rechts- oder linksläufig, in einigen Fällen auch doppelt und dann gegenläufig. Es ist in weiten Gefässen kaum je vollkommen erhalten. Man sieht oft keine Spur des Spiralbandes, wo es in den engeren Formen deutlich entwickelt ist. Mitunter aber erkennt man noch die Reste desselben und es scheint, als würde die spiralige Verdickung der mächtigen Erweiterung des Gefässrohres nicht haben folgen können, sie wurde zerrissen und resorbirt.

Ohne Ausnahme prävalirt bei allen Gefässen die verticale Dimension, und zwar meist in hervorragender Weise. Nur sehr weite Gefässe pflegen kurzgliederig zu sein. Diese sind es auch zumeist, welche die noch ziemlich allgemein mit dem Begriffe des Gefässes für unzertrennlich gehaltene Perforation der Querwand am vollkommensten entwickelt zeigen. Die Enden der Gefässe bilden die mannigfachsten Übergänge von der nahezu horizontalen Begrenzung bis zur ausgesprochenen Faserform. Dieselbe Mannigfaltigkeit bietet die Lage der Stelle dar, durch welche die Gefässe mit einander communiciren. Die vollständige Resorption derselben, das Zurückbleiben von Randtheilen oder der das Lumen durchsetzenden Leisten, welche der Querwand ein leiterförmig, rosettig oder netzig durchbrochenes Aussehen verleihen, findet sich oft beschrieben. Ich habe keine neue Beobachtung hinzuzufügen.

Wohl aber muss ich einer Gefässform gedenken, welche Sanio als Tracheïden bezeichnet hat. Sie ist in dem Sinne und in dem Umfange, wie sie Sanio definirt, nicht aufrecht zu erhalten.

Ich bin an meine Untersuchungen mit dem Vorhaben gegangen, die Terminologie Sanio's anzuwenden. Aber immer mehr häuften sich die Fälle, wo ich bei der Vergleichung meiner Beschreibung mit den Angaben von Sanio da Tracheiden angegeben fand, wo nach meiner Anschauung Libriform vorhanden war. Dadurch wurde ich zu wiederholter Untersuchung veranlasst und endlich drängte sich mir die Überzeugung auf, dass man unter Tracheiden, soll der Ausdruck überhaupt erhalten bleiben, nichts Anderes verstehen dürfe, als nicht perforirte Gefässe. Als solche haben sie dann alle Charaktere der mit ihnen zugleich vorkommenden Gefässe, deren Jugendzustand sie darstellen, und man wird kaum jemals in Zweifel kommen, sie richtig zu deuten, besonders weil fast immer eine ununterbrochene Reihe von Übergängen zu beobachten ist. Sie haben dieselbe Verdickung, dieselbe Tüpfelung wie die Gefässe, und die spiralige Verdickung wird bei ihnen deshalb häufiger gesehen, weil sie nicht in Folge der Erweiterung verloren gegangen ist. Auf diese Persistenz auf einem früheren Entwicklungszustand ist auch ihre beträchtlichere Länge und der Mangel der Querwand zurückzuführen.

Ich führe zur Erhärtung meiner Auffassung folgende Gattungen an: *Ligustrum, Clematis, Leucadendron, Hippocratea, Ilex, Pistacia, Rhus, Myrtus, Prunus, Cytisus, Vitis.*

Ein eingehendes Studium dieser Beispiele, denen noch viele andere angereiht werden können, zeigt, dass die von Sanio angeführten Ausnahmen in der Verdickung und Tüpfelung nicht vorkommen. Die Tracheiden sind niemals stärker verdickt als die Gefässe, und schon desshalb ist ihre Verwechslung mit Libriform in den meisten Fällen unmöglich (*Fagus*). Nur da, wo das letztere dünnwandig ist, wie bei *Ligustrum*, oder wo beide Elemente gleich stark verdickt sind, wie bei *Hippocratea*, kann man in die Lage kommen, andere Kennzeichen zur Diagnose heranziehen zu müssen.

Was die Tüpfelung betrifft, muss im Auge behalten werden, dass die Spirale, der die Tüpfel folgen, ursprünglich viel steiler angelegt ist, als sie sich in dem erweiterten Gefässrohre zeigt. Die Spalten der Tracheiden kreuzen die Längenachse unter einem schiefen Winkel, während sie bei den Gefässen fast wagrecht verlaufen. Bei jenen behalten die Tüpfel die ursprüngliche Form, bei diesen werden sie in die Quere gezerrt.

In seltenen Fällen hat Sanio in den Tracheiden die sogenannte gallertartige Innenauskleidung gefunden. Dieser Befund würde einen wesentlichen Unterschied zwischen Gefässen und Tracheiden involviren und anderseits die letzteren dem Libriform näher bringen. Er beruht aber auf einem Irrthume. Die angeführten Beispiele zähle ich zum Libriform, weil sie, abgesehen von der Innenauskleidung, ungleich stärker verdickt sind, als die neben ihnen vorkommenden Tracheiden und Gefässe. Gerade diese Fälle waren es im Vereine mit den von Sanio ohne Ausnahme als Tracheiden angesprochenen spiralig verdickten Libriformfasern, welche mir die Überzeugung fest stellten, dass, sollen die Tracheiden als selbstständige Formation beibehalten werden, unter ihnen nur jene Form verstanden werden dürfe, welche Sanio selbst als die nicht perforirte Modification der Gefässe bezeichnet.

Wo das Grundgewebe nur aus einer Form von Fasern zusammengesetzt ist, verlieren freilich die relativen Merkmale ihren Werth. Die einzigen Beispiele hiefür sind die Coniferen und Drimys.

2. Das Libriform.

Das Libriform besteht aus langen, relativ stark verdickten, spärlich getüpfelten Fasern.

Die Länge der Fasern ist für dieses Element charakteristisch, sie ist immer beträchtlicher als die aller neben ihm vorkommenden Formen.

Diese allgemeine Angabe muss genügen, da ich nur in besonders auffallenden Fällen Messungen vorgenommen habe, gestützt auf die Thatsache, dass die Länge der Fasern in demselben Individuum sogar bedeutenden Schwankungen unterworfen ist.

Die Fasern sind meist gerade gestreckt, mitunter auch hin und her gebogen, die bedeutendsten Krümmungen habe ich bei *Cedrela odorata* (Fig. 62) gesehen.

Ihre äusseren Contouren sind von den benachbarten Elementen abhängig. Sie sind glattwandig oder grob gekerbt oder plötzlich mit einem Absatz verschmächtigt, je nachdem sie an einander oder an eine Parenchymfaser oder an ein Gefäss grenzen. Sind das auch zufällige Vorkommnisse, so können sie doch durch ihre Häufigkeit den Fasern ein typisches Aussehen verleihen.

Knorrige Formen sind als Abnormitäten zu betrachten, häufiger beobachtet man verzweigte Fasern *(Protea, Clematis, Cedrela, Khaya)*.

Das Libriform ist relativ dickwandig. Der Ausdruck, den ich bei den Gefässen vermieden habe, ist hier am Platze; denn man wird bei der Untersuchung eines Holzes höchstens ein eben so *(Ligustrum)*, kein stärker verdicktes Element finden [1]. Es kommen wohl dünnwandige Fasern vor, d. h. solche, bei denen das Lumen grösser ist als die Dicke der Wand; aber auch in diesen Fällen sind die anderen Elemente noch dünnwandiger. Sowie der ganze Durchmesser der Fasern sehr verschieden ist (0·01—0·035 Mm. an der breitesten Stelle), so wechselt auch die Verdickung bis dahin, dass das Lumen auf einen engen Canal reducirt erscheint. Eine concentrische Schichtung der Verdickungsmasse ist in der Regel nicht erkennbar, nur die nicht selten vorkommende gallertartige, durch Chlorzinkjod sich bläuende innere Verdickungsschichte ist immer scharf getrennt. Sie ist mitunter mächtiger als die verholzte Membran.

Nach der Maceration treten mitunter Spalten auf sowohl parallel mit der Längenaxe der Faser als auch in der Richtung einer schief ansteigenden Spirale.

Die Libriformfasern sind immer spärlicher getüpfelt als die Gefässe und die Tüpfel sind anders gebaut. Meist kommen nur äusserst feine, sehr schief gestellte, einer linksläufigen Spirale folgende Spalten vor. Sind sie auch behöft, so ist der Hof sehr klein und wird von der Spalte überragt. Der ursprünglich als runde Pore angelegte Canal verwandelt sich (bei fortschreitender Verdickung) in eine Spalte, wie namentlich schön *Nauclea, Mammea, Afzelia* erkennen lassen.

[1] Das äusserst seltene Vorkommen von Sclerenchym ausgenommen.

In den Fällen, wo die Tracheiden eben so stark verdickt sind wie die Libriformfasern, können letztere oft nur an den spärlichen sehr schief gestellten Spaltentüpfeln erkannt werden. Ich halte daher die letzteren für ein wichtiges Kennzeichen des Libriform.

Da ich nicht in der Lage war, die Entwicklung der Tüpfel zu verfolgen, kann ich hier nur die Vermuthung aussprechen, dass die Tüpfelbildung bei der Gefässformation fundamental verschieden sei von jener des Libriform.

Dass es auch spiralig verdickte Libriformfasern gebe, habe ich bereits an einem anderen Orte [1] nachgewiesen. Ein Vergleich der Figuren 34 *(Ligustrum)*, 30 *(Leucadendron)*, und 67 *(Carya)* muss, wie ich glaube, jede Einsprache widerlegen. Diese Formen werden von Sanio für Tracheiden gehalten, aber nur bei *Ligustrum* sind sie es thatsächlich, wie die Tüpfel zeigen, bei *Leucadendron* beweisen die spärlichen Spaltentüpfel und einzelne verzweigte Fasern, deren Glieder einmal die Spirale, das andere Mal Tüpfel zeigen, dass wir es mit Libriform zu thun haben. Schon der Umstand, dass es gabelig getheilte Fasern mit spiraliger Verdickung gibt, spricht dagegen, dass die letztere nur der Gefässformation angehöre. Es ist mir nicht bekannt, dass jemals verzweigte Gefässe beobachtet worden sind, und man müsste den Thatsachen Zwang anthun, wollte man Elemente, wie *l* in Fig. 30 Tracheiden nennen.

Bei *Carya* sind Libriformfasern und Tracheiden spiralig verdickt. Gerade dieses Beispiel zeigt deutlich, dass relative Verdickung und Tüpfelung wohl geeignet sind, die beiden Elemente von einander zu trennen.

Nicht selten beobachtet man Libriformfasern, welche durch sehr feine Scheidewände getheilt sind *(Coccoloba, Licaria, Astronium, Punica, Parinarium* nebst anderen*)*, die gewiss, wie Sanio bemerkt hat, nach vollendeter Bildung sämmtlicher Verdickungsschichten entstehen.

Diese gefächerten Libriformfasern haben dieselbe Verdickung, dieselbe Tüpfelung, dieselbe Vertheilung wie das Libriform. Nur spiralige Verdickung habe ich in ihnen nicht beobachtet, dagegen scheinen sie häufiger die gallertartige Innenauskleidung zu besitzen.

Es scheint unbegreiflich, wie diese Form — hat man sie einmal isolirt gesehen — mit Ersatzfasern oder gar Parenchym verwechselt werden kann, da sie dem Libriform, mit dem sie immer vereint vorkommt, so vollkommen gleicht, dass sie nicht mit grösserem Rechte als selbstständige Modification angeführt zu werden verdient, wie etwa das behöft getüpfelte oder spiralig verdickte Libriform.

Eine ganz vereinzelte Beobachtung, das Vorkommen bastfaserähnlicher Elemente inmitten von Parenchymgruppen bei *Aquilaria* habe ich schon früher [2] mitgetheilt.

Aus dem Umstande, dass Sanio viele Elemente für Tracheiden hält, welche nach meiner Darstellung als Libriform aufzufassen sind, folgt, dass er für die ersteren ein zu grosses Verbreitungsgebiet angegeben hat. Die Tracheiden finden sich immer nur in Gesellschaft der Gefässe oder vertreten dieselben. Das Libriform bildet meist das Grundgewebe und wird nur selten von den Gefässen, noch seltener von Parenchym (*Carolinea*, *Sterculia*, Fig. 56) verdrängt. Gänzlich vermisst habe ich es nur bei *Drymis* und den Coniferen.

3. Das Parenchym.

Die parenchymatischen Zellen sind durch relativ dünne Membranen ausgezeichnet, welche von einfachen Poren durchbohrt sind.

Wenngleich die meisten Parenchymzellen rechteckig begrenzt sind, weil sie durch Bildung von Querwänden in den Cambialfasern vor ihrer Verdickung entstehen, so kann dieses Merkmal in die Definition doch nicht aufgenommen werden, weil häufig Cambialfasern sich nicht theilen, sondern spindelförmig auswachsen, und die Endzellen der Parenchymfasern immer zugespitzt sind.

---

[1] Sitzungsb. d. kais. Akad. d. Wiss. LXXIII, 1.

[2] Moeller, Neue Formelemente etc. Sitzungsb. d. kais. Akad. d. Wiss. LXXIII 1.

Die Parenchymfasern sind meist kürzer als die Libriformfasern. Die Theilzellen sind axialgestreckt, nur dann quadratisch, wenn sie Krystallkammerfasern bilden.

Die Verdickung der Parenchymzellen ist gering, sie beträgt nur einen Bruchtheil des Querdurchmessers. Doch sind die Fälle nicht gerade selten, wo auch die übrigen Elemente nicht stärker verdickt sind, z. B. *Althaea, Dombeya, Cecropia* (Fig. 1). Ausser einfachen Poren, welche an Zahl und Grösse zunehmen, wenn sie mit Gefässen in Verbindung stehen, ist an ihnen kein Relief zu bemerken.

Nur in zwei Fällen habe ich echte Steinzellen beobachtet, bei *Avicennia* als regelmässig mit dem Libriform abwechselnde Schichten, und bei *Cordia Gerascanthus* als Stopfzellen in den Gefässen. Die bei *Cissampelos* vorkommenden Steinzellen sind nicht als zum Holze gehörig zu betrachten (vergl. die specielle Beschreibung).

Conjugirtes Holzparenchym gehört gleichfalls zu den selteneren Vorkommnissen.

Unmittelbar aus den Cambialfasern ohne Theilung hervorgehende faser- oder spindelförmige Zellen nennt Sanio Ersatzfasern. Da sie von den Parenchymfasern sich nur durch den Mangel der Theilung unterscheiden, sind sie mit Recht als eine in der Weiterentwicklung gehemmte Form jener zu betrachten. Obwohl ich nicht glaube, dass sie als selbstständige Formation aufgefasst zu werden verdienen, so ist der Name doch zu bezeichnend, als dass er aufgelassen werden sollte.

Den ausführlichen Angaben von Sanio über Vorkommen und Vertheilung der parenchymatischen Elemente habe ich nur hinzuzufügen, dass ich dasselbe häufiger vermisst habe, z. B. ausser bei mehreren Coniferen, *Drimys, Berberis* und *Mahonia* auch bei *Guazuma, Rhamnus, Jacquinia, Pistacia, Casearia* u. A.

CONIFERAE.

Es ist kaum möglich, die zahlreichen Arten makroskopisch von einander zu unterscheiden. Die Behelfe dafür sind Farbe des Splintes und des etwa vorhandenen Kernholzes, Breite der Jahresringe und das Verhältniss des Herbstholzes zum Frühlingsholze, Breite und Anordnung der Markstrahlen.

Das Holz der Coniferen bietet hinsichtlich der Farbe nur geringe Verschiedenheiten; es ist weiss, mit einem schwachen gelben oder röthlichen Schimmer. Das hie und da sich bildende Kernholz ist braun bis rothbraun gefärbt. Gerade bei den nahe verwandten Arten sind die Farbennuancen diagnostisch nicht zu verwerthen, sie lassen häufig den geübtesten Praktiker im Stiche.

Die Breite der Jahresringe ist gleichfalls nur in sehr beschränktem Grade für die Charakteristik zu verwenden. Abgesehen davon, dass Standort [1], Ernährungs- und Witterungsverhältnisse nebst vielen anderen die Breite der Jahresringe bei derselben Art modificiren, so ist sie auch, wie Sanio [2] für *Pinus silvestris* gezeigt hat, bei demselben Individuum nicht constant, so wenig, wie das Verhältniss des Herbstholzes zum Frühlingsholze, welches abhängig ist von der Höhe des Stammes. Da aber dieses Verhältniss für die wenigsten Bäume bekannt ist [3], und man in den seltensten Fällen wissen wird, welchem Theile des Stammes das zu untersuchende Object entnommen ist, so ist es vollkommen werthlos, mehr als allgemeine und augenfällige Angaben über diese Punkte anzuführen.

Da die Markstrahlen in der Regel (nur bei *Pinus Larix* und *Pinus Strobus* fand ich eine Ausnahme) nur aus einer Zellenreihe bestehen, also mit unbewaffnetem Auge nur schwer wahrnehmbar sind, und ihr gegenseitiger Abstand grossen Schwankungen unterworfen ist, so sind auch sie zur Unterscheidung der Arten, selbst mit Hilfe schwacher Vergrösserungen, nicht verwendbar.

Die Hauptmasse des Coniferen-Holzes wird von Tracheiden gebildet. Dicht aneinander gelagert, mit spärlichen Intercellularräumen; in regelmässigen radialen, in minder regelmässigen tangentialen Reihen füllen sie den Raum zwischen den Markstrahlen aus. Ihr Lumen viereckig, polygonal, rundlich, elliptisch oder spaltenförmig, übersteigt nicht 0·03, sinkt aber in den Herbstholzzellen nicht selten auf 0·002 Mm. Trotz dieser bedeutenden Differenzen innerhalb desselben Jahrringes, können die Nadelhölzer doch in zwei Gruppen getheilt werden, in solche mit weitlichtigen und solche mit engen Tracheiden. Die äusserste Grenze für die letzteren ist 0·015 Mm. im Frühlingsholze. Diese Grenze ist nicht künstlich gesteckt, sondern es drängt sich bei Betrachtung von Querschnitten der Unterschied zwischen dichtem und leichtem Holze auf, und bei dem Versuche, die Beobachtung in Zahlen auszudrücken, ergaben sich obige Maxima.

Die Länge der Tracheiden zu messen, ist eine schwere und mühsame Arbeit, und schon aus diesem Grunde ist es unstatthaft, aus derselben unterscheidende Merkmale zu abstrahiren. Ausserdem hat Sanio [4] für *Pinus silvestris* gezeigt (und die Regel hat wahrscheinlich allgemeine Geltung), dass die Grösse der

[1] Musschenbrock (Introd. ad philos. nat. 1762, Lugd. Batav.): Die nach Norden gerichtete Seite des Baumes ist bei den meisten, nicht bei allen, mit dünnen Jahresringen versehen, da der kalte Nordwind das Dickenwachsthum verhindert. Sandiges Terrain producirt weniger starke Bäume als lehmiger Boden.

[2] Anatomie der gem. Kiefer. Jahrb. f. wiss. Bot. IX. Die Regel Mohl's, dass bei breiten Jahrringen das Frühlingsholz, bei schmalen Jahrringen dagegen das Herbstholz die grössere Masse bildet, ist nicht richtig. Vielmehr nimmt die Breite des Herbstholzes, unabhängig von der Breite des Jahrringes, von oben nach unten stetig zu, so dass es an der Basis des Stammes am stärksten entwickelt ist.

[3] Es wäre auch überflüssig, die Untersuchungen weiter als zur Constatirung der oben angeführten Thatsache auszudehnen.

[4] Über die Grösse der Holzzellen bei der gemeinen Kiefer. Jahrb. f. wiss. Bot. VIII.

Holzzellen verschieden ist im Stamme und in den Ästen, und in diesen wieder gesetzmässig variirt in der Richtung von innen nach aussen und von der Basis zum Wipfel.

Die Form der Tracheiden ist meist die eines langen Cylinders, welcher sich an beiden Enden rasch spindelförmig verjüngt. Selten trifft man horizontale Scheidewände, und bei *Pinus Cedrus* habe ich eine Form gefunden, welche sich von Parenchym nur dadurch unterscheidet, dass sie behöfte Tüpfel zeigt.

Die Verdickung der Tracheiden ist im Allgemeinen beträchtlich, und erreicht bei einigen Arten 0·004 Mm. Behöfte Tüpfel finden sich ohne Ausnahme. Sie sind, wie Sanio [1] jüngst gezeigt hat, allezeit durch die primäre Zellhaut geschlossen. Ihre Form ist kreisrund; wo sie einander sehr genähert sind, etwas in die Quere gezogen, wenn sie in zwei Reihen stehen, sechseckig. Diesen Fall habe ich nur bei *Dammara alba* beobachtet [2], sonst stehen die Tüpfel immer nur in einer Reihe, u. z. genau vertical über einander, wenn sie so gross sind, dass sie fast eine Wand der Zelle der Breite nach einnehmen; sind sie kleiner, dann ist ihre Vertheilung weniger regelmässig. Auf der den Markstrahlen abgewendeten Seite finden sie sich nur spärlich oder fehlen ganz.

Nicht selten finden sich über den Tüpfeln noch Spalten, und da jene mitunter auch einen spaltenförmigen Tüpfelcanal haben, so kommt es vor, dass die Spalten sich decken, oder, wenn sie nicht in gleichem Sinne geneigt sind, sich kreuzen. Allenthalben kommen Dehiscenzen der Zellwand vor, die wohl zu unterscheiden sind von dem für einige Arten charakteristischen dichten Netze, welches durch zwei in entgegengesetzter Richtung verlaufende Spiralstreifensysteme gebildet wird.

Die Taxineen, so weit ich sie untersucht habe, und *Pinus Douglasii* sind durch ein breites Spiralband gekennzeichnet.

Eine eingehendere Betrachtung erfordert noch das Verhältniss der Tracheiden zu den Markstrahlen, um somehr als es bisher von den Autoren übersehen oder vernachlässigt wurde. Es ist eine der auffallendsten Thatsachen, dass die Tracheiden da, wo sie über einen Markstrahl hinziehen, ihre behöften Tüpfel verlieren, und auf eine mehr oder weniger verschiedene Weise mit diesen in Verbindung treten. Man hat in diesem Falle immer vom Relief der Markstrahlzellen gesprochen und ganz unberücksichtigt gelassen, ob und in welcher Art die Tracheiden an der Bildung desselben participiren, und doch eröffnen sich von diesem Gesichtspunkte aus einige interessante Beziehungen.

A. Die Tracheiden stehen mit den Markstrahlen durch kleine meist zahlreiche Poren in Verbindung: *Pinus Abies, P. Picea, P. Cedrus, Dammara alba.*

B. Die Markstrahlzellen haben dieselben, nur kleinere Tüpfel, wie die Tracheiden: Äussere Markstrahlzellen von *Pinus Larix, P. montana, P. silvestris* und wohl alle Cupressineen.

C. Wo die Tracheiden über Markstrahlen ziehen, werden ihre Wände beträchtlich, 2—3fach dicker, und sie bilden auf diese Weise einen, selten mehrere unbehöfte grosse Tüpfel über je einer Markstrahlzelle. Dabei sind die Markstrahlzellen an den dem Tüpfelcanal correspondirenden Flächen verdünnt oder resorbirt: *Pinus Strobus, P. montana, P. silvestris, P. Laricio.*

D. Die Markstrahlen sind dünnwandig, ohne Relief; aber die sie kreuzenden Tracheiden haben statt der runden, behöften — schiefgestellte unbehöfte Spaltentüpfel in grösserer Zahl: *Ginkgo biloba.*

Im Falle *A* scheint das Relief der Tracheiden durch die Markstrahlzellen modificirt zu sein, während *B* das umgekehrte Verhältniss zeigt. Bei *C* und *D* werden die Tracheiden durch die Markstrahlen zur Bildung abweichender Verdickungsformen veranlasst, denen sich die Markstrahlzellen accomodiren oder nicht (*D*).

Den unbestreitbar grossen Werth von Markstrahlen für die Differential-Diagnose hat man vielfach überschätzt. In dem Bestreben, nahe verwandte Arten durch histologische Charaktere von einander unterscheiden zu lernen, hat man Merkmale angegeben, welche vielfach durch die äusseren Lebensverhältnisse des Baumes

[1] Anatomie der gem. Kiefer, Jahrb. f. w. Bot. IX. Daselbst auch Näheres über die Entstehung des behöften Tüpfels.
[2] Im Wurzelholze stehen die Tüpfel häufig in zwei Reihen.

modificirt werden, oder gar solche, welche innerhalb desselben Stammes nicht constant sind. Dazu gehört z. B. Dicke der Zellwand, Lage der Querwand, Verhältniss der inneren zu den äusseren Markstrahlzellen. Was die Dicke der Zellwand betrifft, so handelt es sich hier um Tausendstel eines Millimeters — Grössen, welche durch einen Wechsel trockener und regenreicher Jahre allein verwischt werden, anderer Einflüsse gar nicht zu gedenken. Ich werde also der Wanddicke nur dann Erwähnung machen, wenn dieselbe ohne Mikrometer augenfällig ist und durch ihre Allgemeinheit beweist, dass sie der Species eigenthümlich ist.

Die kurze Scheidewand der Zellen zeigt innerhalb desselben Markstrahles so verschiedene Neigung, dass nur ganz besonders auffallende Beziehungen in dieser Richtung berücksichtigt werden dürfen.

Aus dem Verhältnisse der inneren zu den äusseren Markstrahlen ($J:A=C$) hat Schroeder [1] einen Coëfficienten bestimmt, der aus einer grossen Zahl von Zählungen für einige Hölzer approximativ constant ist. Diese Methode ist schön erdacht, aber, wie ich glaube, nicht durchführbar. Abgesehen davon, dass sie zu mühsam und zeitraubend ist (der Autor selbst braucht zu einer Bestimmung mit 100 Zählungen $1-1^1/_2$ Stunden), als dass sie in der Praxis angewendet werden könnte, sprechen auch theoretische Gründe gegen dieselbe. Der Unterschied zwischen äusseren und inneren Markstrahlzellen ist nicht allgemein. Die Zellform, welche meist die äusseren Zellen des Markstrahles constituirt, kommt auch in den mittleren Lagen vor, und zum Beweise diene das Schema eines 9 Zellen hohen Markstrahles von *Pinus Pallasiana* Lamb.:

Zackenzelle — Zackenzelle — Porenzelle — Zackenzelle — Zackenzelle — Porenzelle —
Zackenzelle — Porenzelle — Zackenzelle.

Wie soll hier der Markstrahlcoëfficient im Sinne Schroeder's bestimmt werden? Allerdings gehört diese Unregelmässigkeit zu den selteneren Vorkommnissen; aber Jedermann weiss, dass die Zahl der Zellen, welche die Höhe des Markstrahles zusammensetzen, zwischen ausserordentlichen Grenzen schwankt. Auf demselben Tangentialschnitte sieht man Markstrahlen von einer bis zu 30 Zellen Höhe und darüber. Wie viel Zählungen müssten gemacht werden, um das Mittel aus dieser ungeheuren Variationsfähigkeit nur annähernd genau zu bestimmen, und welchen Werth hätte dieses Mittel? Ein wichtiger Einwand liegt auch in der technischen Schwierigkeit, die Schnitte so zu führen, dass der Markstrahl in seiner ganzen Höhe getroffen wird, und so kommt es, dass manche Strahlen bloss aus Zacken-, andere bloss aus Porenzellen zu bestehen scheinen, weil die anderen Theile durch den Schnitt entfernt werden.

Trotzdem die Höhe der Markstrahlen in verticaler Richtung bedeutenden Schwankungen unterworfen ist, so gibt es doch für viele Arten ein Maximum, welches nur selten überschritten wird, und umsomehr einen brauchbaren Charakter abgibt, als es sehr auffallend und sofort zu bestimmen ist. Nur halte ich es für passender, anstatt die Höhe zu messen, dieselbe durch die Zahl der Zellen auszudrücken, welche in verticaler Richtung über einander stehen.

Auch das Relief der Markstrahlzellen bietet wegen seiner Mannigfaltigkeit sichere Anhaltspunkte für die Bestimmung.

Am häufigsten kommen Spaltentüpfel vor, welche unbehöft sind. Sie finden sich entweder spärlich und mit einer gewissen Regelmässigkeit vertheilt, oder in solcher Menge, dass sie der durchschnittenen Wand ein kammförmiges Aussehen verleihen. An ihrer Bildung sind immer beide aneinanderstossende Zellwände betheiligt.

Eine zweite Form sind die grossen rundlichen oder abgerundet eckigen Tüpfel, welche allein oder zu zweien den Raum einnehmen, welcher durch die Kreuzung der Tracheiden mit den Markstrahlzellen gebildet wird. Sie entstehen hauptsächlich durch die hier modificirte Verdickungsform der Tracheiden. Die Markstrahlzellen selbst zeigen an der entsprechenden Stelle nur eine etwas dünnere Membran. Bei *Salisburia* werden die zahlreichen unbehöften Spaltentüpfel ausschliesslich von den Tracheiden gebildet, die Markstrahlzellen sind gleichmässig dünnwandig.

[1] Das Holz der Coniferen. Dresden 1872.

Eine dritte eigenthümliche Form stellen die von Wiesner [1] Zackenmarkstrahlen genannten dar.

Endlich trifft man behöfte Tüpfel, welche sich von denen der Tracheiden nur durch ihre geringere Grösse unterscheiden.

Die Frage, ob die Tüpfel der Markstrahlzellen offen oder durch eine Membran geschlossen seien, ist für die kleinsten Formen kaum zu entscheiden, wenn es nicht gestattet ist, einen Rückschluss zu machen. An manchem glücklich geführten Schnitte, durch Anwendung von Farbstoffen (Anilin), durch Isolirung der Zellen und Behandlung mit Chlorzinkjod, kann man sich leicht die Überzeugung verschaffen, dass sowohl offene als geschlossene Tüpfel vorkommen. So z. B. zieht die dünne Wand der Markstrahlzelle von *Salisburia* unter den zahlreichen von den Tracheiden gebildeten Tüpfeln hinweg, ohne irgend eine Störung der Continuität. Die grossen Tüpfel der Kiefern sind offen und geschlossen, ja man kann sogar an einer isolirten Markstrahlzelle beides beobachten. Dies scheint mir zu beweisen, dass ursprünglich alle Tüpfel geschlossen seien, und die Resorption der Scheidewand erst später stattfindet. Bei den kleinsten Tüpfeln endlich unterliegt es häufig keinem Zweifel, dass die primäre Zellmembran erhalten ist, da aber, wo man sie zu vermissen glaubt, kann ein Beobachtungsfehler nicht mit Sicherheit ausgeschlossen werden.

Gefässe fehlen den Nadelhölzern (mit Ausnahme der trachealen Bildungen in der Markkrone) vollständig.

Über das Vorkommen von Holzparenchym sind die Ansichten getheilt; wohl aus dem Grunde, weil es einigen bestimmt fehlt (*Taxus*, *Cupressus*), bei anderen nur in der Umgebung der Harzräume vorkommt. Aber auch unabhängig von diesen trifft man Zellen, die mit horizontalen Wänden aneinanderstossen, am Querschnitte von den Tracheiden durchaus nicht zu unterscheiden sind, und am Längsschnitte sich als gestreckte, die Breite nur um das 3—4fache an Länge übertreffende Zellen mit unbehöften Spaltentüpfeln erweisen. In der Ceder endlich habe ich ganz ähnliche parenchymatisch begrenzte Zellen gefunden, welche noch insofern den Tracheiden verwandter sind, als sich unter ihnen auch solche mit behöften Tüpfeln vorfinden (Fig. 1).

Die Nadelhölzer sind bekanntlich durch ihren Harzgehalt ausgezeichnet. Derselbe ist in vielen Arten bedeutend, in anderen ist er ein untergeordnetes Vorkommniss und manchen fehlt er gänzlich. Das Harz findet sich in Zellen und in Gängen, welche sowohl in horizontaler als in verticaler Richtung verlaufen.

Über ihre Entstehung hat Dippel [2] ausführliche Untersuchungen gemacht. Im fertigen Zustande stellen sie Räume in den verschiedenen Schichten des Holzkörpers und in den Markstrahlen dar, welche das Volumen der umgebenden Zellen um das Mehrfache übertreffen, und als Inhalt ätherisches Öl, farbloses oder gelb gefärbtes Harz und mitunter auch eine granulirte Masse enthalten.

Bei Cupressaceen und Taxaceen sind Harzgänge nicht gefunden worden. Das Harz kommt bei diesen in den Markstrahlen und in einzelnen Zellen vor.

An harzarmen Individuen gewöhnlich harzreicher Bäume kommen in den Markstrahlen lufterfüllte, harzlose Intercellularräume vor (Wiesner).

Schlüssel zum Bestimmen der beschriebenen Nadelhölzer.

1. Die Markstrahlen aus einerlei Zellen zusammengesetzt: 2.
   Die Markstrahlen aus ungleichartigen Zellen bestehend: 12.
2. Tracheiden spiralig verdickt: . . . . *Taxus* sp.
   Tracheiden ohne spiralige Verdickung: 3.
3. Markstrahlen über 40 Zellen hoch: . . . . *Pinus balsamea.*
   Markstrahlen höchstens 15 Zellen hoch: 4.
4. Markstrahlen 10 Zellen und darüber hoch: 5.
   Markstrahlen niemals 10 Zellen hoch: 7.

[1] Technische Mikroskopie.

[2] Zur Histologie der Coniferen. Bot. Ztg. 1863.

5. Poren der Markstrahlzellen unbehöft: . . . . *Pinus Abies.*
   Tüpfel der Markstrahlzellen spaltenförmig mit einem kleinen Hofe: 6.
6. Die äusseren Zellen sind reicher getüpfelt: . . . . *Juniperus virginiana.*
   Tüpfel in allen Zellen gleich zahlreich, Tracheiden mitunter gestreift: . *Cupressus sempervirens.*
7. Die Tracheiden haben häufig eine doppelte Reihe behöfter Tüpfel: . *Dammara alba.*
   Die Tracheiden haben stets eine Tüpfelreihe: 8.
8. Tracheiden sind spiralig gestreift: . . . . *Callitris quadrivalvis.*
   Tracheiden sind nicht gestreift: 9.
9. Die Tracheidentüpfel sind von Spalten gekreuzt: . . . . *Thuja orientalis.*
   Die Tracheiden haben keine Spalten: 10.
10. Die Wand der Tracheiden überall gleich dick: 11.
    Tracheiden an der Kreuzung mit den Markstrahlen bedeutend stärker verdickt: . . . . *Pinus Cedrus.*
11. Tracheiden höchstens 0·012 Mm. weit: . . . . *Cryptomeria japonica.*
    Tracheiden bis 0·025 Mm. weit: . . . . *Ginkgo biloba.*
12. Äussere Markstrahlen zackig: 13.
    Äussere Markstrahlen nicht zackig verdickt: 15.
13. Tracheiden gestreift: 14.
    Tracheiden ohne Streifung: . . . . *Pinus silvestris.*
14. Tracheiden höchstens 0·015 Mm. weit: . . . . *Pinus Laricio.*
    Tracheiden bis 0·03 Mm. weit: . . . . *Pinus montana.*
15. Die inneren Markstrahlzellen haben einen (selten 2—3) grossen Tüpfel: *Pinus Strobus.*
    Die inneren Markstrahlzellen haben zahlreiche kleine Tüpfel: 16.
16. Markstrahlen sind immer nur eine Zelle breit: . . . . *Pinus Picea.*
    Es kommen auch mehrreihige Markstrahlen vor: . . . . *Pinus Larix.*

CUPRESSACEAE.

Juniperus virginiana L.[1]

Am Querschnitte sind die Jahresringe sehr deutlich im weissen Holze zu verfolgen[2]. Die dicht gedrängten, in ziemlich gleichen Abständen stehenden Markstrahlen dagegen erscheinen erst unter der Loupe deutlich.

Die Herbstzellen sind gelb gefärbt und gehen sehr allmälig in die weitlichtigen (0·02 Mm.) Frühlingszellen über, welche zahlreiche Intercellularräume umschliessen.

Die Markstrahlen sind einreihig, häufig 10 Zellen hoch und darüber. Die Zellen sind sehr lang, ihre schiefen Scheidewände ungleichsinnig geneigt. Ihre Spaltentüpfel sind mit einem kleinen Hofe umgeben, und sind in den äusseren Zellen zahlreicher als in den inneren, wo sie auf dem Radialschnitte nur eine Reihe bilden.

Ein in Nordamerika, von der Hudsons-Bai bis Florida heimischer Baum oder Strauch. Wegen seiner Weichheit und leichten Spaltbarkeit wird das Holz des virginischen Wachholders (virginisches rothes Cedernholz, Red Cedar) häufig zu Bleistifthülsen verwendet.

Juniperus communis L.[3]

Ein Baum oder Strauch des mittleren und nördlichen Europa und Asien ist kaum histologisch vom vorigen zu unterscheiden. Das Holz ist weich, aber schwer spaltbar.

---

[1] Wiesner, Rohstoffe, p. 627.

[2] Nach Nördlinger (Querschnitte von 100 Holzarten) hat *J. virginiana* purpurroth gewässerten Kern, *J. communis* gelbrothes Kernholz. Beide sind wohlriechend.

[3] Wiesner, Rohstoffe, p. 626.

Cupressus sempervirens L. (*Cupressus pyramidalis* Targ.).

Fig. 3.

Die Jahresgrenzen sind sehr deutlich, während die Markstrahlen auch unter der Loupe nur schwer wahrnehmbar sind.

Im Baue ist dieses Holz jenem von *Juniperus virginiana* L. sehr ähnlich. Die Tracheiden sind weniger weit (0·015 Mm.), und sind mitunter spiralig gestreift. Die Zellen der Markstrahlen sind nur 0·012 Mm. breit, und ihre Tüpfel sind gleich zahlreich in den inneren wie in den äusseren Zellen.

Die Heimat dieses Baumes ist das ganze Mittelmeergebiet und erstreckt sich über Vorder-Asien bis zum Himalaya.

Thuja orientalis L. (*Biota orientalis* Endl., *Thuja cupressoides hort.*).

Das Holz bildet einen gelbrothen Kern [1]. Die dichten Markstrahlen sind kaum unter der Loupe erkennbar.

Die Holzzellen sind enge (0·012 Mm.) und sehr reich getüpfelt. Der Tüpfelhof ist kreisrund, der Tüpfelcanal spaltenförmig. Die Spalten der tertiären Verdickung, welche bei den Cupressaceen häufig vorkommt, folgen einer Spirale, die einmal rechts, in anderen Zellen linksläufig ist. Daher können sie den Tüpfelcanal decken oder ihn kreuzen.

Die Markstrahlen sind einreihig und selten über 4 Zellen hoch. Ihre Aneinanderfügung und Tüpfelung ist wie bei der vorigen.

Ein Baum im nördlichen China und auf den Gebirgen Japans. Das Holz dient, wie das von *Thuja occidentalis* L. [2] zu feinen Tischlerarbeiten.

Cryptomeria japonica Don.

Die Jahresringe sind deutlich, die Markstrahlen unter der Loupe als glänzende in ungleichen und ziemlich weiten Abständen verlaufende Linien. Die Tracheiden sind 0·12 Mm. weit, ihre Tüpfel kreisrund mit rundem Tüpfelcanal ohne tertiäre Verdickung.

Die Markstrahlen sind einreihig, meist 4—5 Zellen, selten 8—10 Zellen hoch. Ihre Tüpfel sind elliptisch, verhältnissmässig gross (0·004 Mm.) und behöft.

Bildet in den Gebirgen Japans in der Höhe von 500—1200′ ausgedehnte Wälder, steigt selten in die Ebene herab und erhebt sich in China bis zur Höhe von 3000′.

Callitris quadrivalvis Vent. (*Thuja articulata* Vahl., *Frenela Fontanesii* Mirb.).

Das Holz ist von *Thuja orientalis* L. histologisch nur dadurch verschieden, dass die Tracheiden zwei sich kreuzende Systeme von Spiralstreifen zeigen.

Ein kleiner bis 5 Meter hoher Baum des nördlichen Afrika.

ABIETACEAE.

Pinus Abies Du Roi (*P. Picea* L., *Abies pectinata* DC., *Abies excelsa* Link.). [3]

Die Jahresringe von verschiedener Breite, aber immer sehr deutlich, die Markstrahlen erscheinen erst unter der Loupe.

Die Holzzellen erreichen ein Lumen bis zu 0·025 Mm. Sie schliessen sehr dicht an einander und bilden selten Intercellularräume. Die Markstrahlen sind stets einreihig und bis 15 Zellen hoch. Ihre Zellen sind stark verdickt (—0·008 Mm.) und ihre Tüpfel finden sich in auffallend geringerer Menge als bei der Fichte.

---

[1] Nördlinger, Querschnitte von 100 Holzarten.

[2] Wiesner, Rohstoffe, p. 627.

[3] Wiesner, Rohstoffe, p. 620.

Die harzführenden Holzparenchymzellen und Harzräume sind sehr spärlich. (Vergl. darüber Dippel, das Holz der Coniferen, Bot. Zeit. 1863.)

Der Verbreitungsbezirk dieses Baumes erstreckt sich von dem Nordabhange der Pyrenäen bis zum Kaukasus durch ganz Europa. Das Tannenholz ist weich, glänzend, leicht und vollkommen spaltbar. Es ist elastischer als Kiefer- und Fichtenholz, hat daher eine geringere Tragkraft. Dagegen ist es ausserordentlich dauerhaft, wenn es trocken gehalten wird (Nördlinger) und übertrifft in dieser Beziehung alle anderen einheimischen Bauhölzer (Bechstein, Forst- und Jagdwissenschaft).

Pinus balsamea Linn.

Die Markstrahlen sind schon mit freiem Auge als sehr dichte, zarte Striche bemerkbar. Das Lumen der Holzzellen übersteigt nicht 0·015 Mm. Die Markstrahlen sind einreihig und ausserordentlich bis über 40 Zellen hoch. Die Querscheidewand der Markstrahlzellen steht häufig gerade oder ist nur wenig geneigt, während sie bei der Tanne meist sehr schief gestellt ist. Auffallend ist auch das geringere Lumen (0·012 Mm.) derselben gegenüber den Tracheiden des Frühlingsholzes.

Ein im nordöstlichen Amerika heimischer Baum.

Nach Schröder stimmen mit diesen im Baue überein:

Pinus Fraseri Prsh. (*Abies Fraseri* Lindl.) und *Pinus Abies* Du Roi β. *Cephalonica* (*Abies Apollinis* Link).

Pinus Cedrus L. (*Abies Cedrus* Lam.)

Fig. 1 und 2.

Die Jahresringe sind einander sehr genähert aber deutlich, sowie die Markstrahlen mit freiem Auge erkennbar.

Am Querschnitte erscheint die Mehrzahl der Holzzellen dickwandig, nur wenige zeigen den Charakter der Frühlingszellen und auch diese haben kein weites Lumen (0·012 Mm.). Sonst unterscheiden sie sich nicht von den gewöhnlichen spindelförmigen Tracheiden. Auf dem radialen Längsschnitte aber sieht man parallel mit ihnen Zellenzüge verlaufen, welche parenchymatisch begrenzt sind und keine Tüpfelung haben. Am Tangentialschnitte jedoch zeigen einige von ihnen rundliche behöfte, andere unbehöfte Spaltentüpfel. Da die Art ihrer Verdickung ganz mit jener der Tracheiden übereinstimmt, so sind sie am Querschnitte nicht zu erkennen, erst an den Längsschnitten fallen sie auf: 1. durch ihre Begrenzung, 2. durch die abweichende Tüpfelbildung (auch die behöften Tüpfel sind kleiner als bei den entsprechend weiten Tracheiden) und 3. dadurch, dass die Tüpfel auf der den Markstrahlen abgewendeten Seite stehen, also nicht in Communication sind mit jenen der Tracheiden. Dies ist, wie ich glaube, der bedeutsamste Punkt für die Beurtheilung ihrer morphologischen und physiologischen Bedeutung.

Die Markstrahlen sind einreihig und bis 8 Zellen hoch. Ihre Zellen sind kurz, sehr dickwandig und von zahlreichen Poren durchsetzt. Diese sind sehr klein, niemals behöft und an ihrer Bildung betheiligt sich sowohl ihre eigene als auch die Membran der angrenzenden Tracheiden. Hier kann man deutlich erkennen, dass auf die Lage der Scheidewand kein grosses Gewicht gelegt werden kann. Sie steht auf der Längswand senkrecht und schief und im letzteren Falle einmal nach rechts, das andere Mal nach links geneigt.

Ausser dem allgemein bekannten Standorte im Libanon, kommt die Ceder auch im Taurus und auf dem Atlas in Algier vor.

Pinus Laricio Poir. δ *Pallasiana*[1] (*Pinus Pallasiana* Lamb.).

Fig. 5, 6 und 7.

Die dunkeln Kreise des Herbstholzes sind deutlich auf dem weissen Frühlingsholze abgehoben. Auch die Markstrahlen sind, wenngleich nicht deutlich, mit freiem Auge erkennbar. Reichlich Harzporen. Die

[1] Wiesner, Rohstoffe, p. 624.

Tracheiden (0·015 Mm. weit) sind ausgezeichnet in zwei auf einander senkrechten Richtungen spiralig gestreift.

Die Markstrahlen sind selten über 8 Zellen hoch und aus Zellen zweierlei Art zusammengesetzt: aus Poren- und aus Zackenzellen. Erstere sind durch flach bogenförmige Querwände begrenzt und ihre Tüpfel sind so gross, dass sie allein, selten zu mehreren, das durch die darüberziehenden Holzzellen gebildete Rechteck einnehmen. Die Tracheiden sind es auch, welche hauptsächlich zu ihrer Bildung beitragen; denn die Markstrahlzellen sind nur wenig verdickt und an Stelle der Tüpfel verdünnt, nicht selten vollständig resorbirt. Sie constituiren die inneren Reihen des Markstrahles, begrenzen niemals die Zackenmarkstrahlen nach oben oder unten, kommen aber wohl auch ohne diese vor. Die Zackenzellen, auch äussere genannt, trifft man auch im Inneren des Markstrahles, wie das in der Einleitung zu den Coniferen angeführte Schema zeigt.

Harzräume sind sehr zahlreich und auch viele Tracheiden sind mit farblosem oder citronengelbem Harze erfüllt.

Nach Schröder bestehen die Markstrahlen (Mittel aus 120 Zählungen) aus:

Innere Zellen 2·55 }
Äussere Zellen 3·52 } 6·07,

der Coëfficient demnach 0·72, kleiner als 1.

In den Gebirgen des westlichen Taurien einheimisch.

Pinus montana Du Roi (*Pinus Mugho* Poir., *Pinus Pumilio* Haenke, *Pinus Mughus* Scop., *Pinaster Pumilio* Clus.).

Der Splint ist schwach gelb, der Kern rothbraun. Die Jahresringe sind nicht sehr breit, die Markstrahlen mit freiem Auge nur schwer erkennbar.

Die Tracheiden sind sehr weit (0·03 Mm.) und zeigen zwei sich kreuzende Streifensysteme, wodurch sie sich von denen bei *Pinus silvestris* unterscheiden. Die Markstrahlen sind bis 10 Zellen hoch und bestehen aus zweierlei Zellformen. Die inneren, getüpfelt wie die vorige, die äusseren, zackigen, sind sowohl unter sich, wie mit den Tracheiden durch kleine behöfte Tüpfel verbunden. Der Markstrahlcoëfficient nach Schroeder ist 0·67.

Ein subalpiner Baum Mittel-Europa's.

Pinus silvestris L. [1]

Die Jahresringe sind wegen der dunkeln, gelbröthlichen glänzenden Herbstholzzone sehr deutlich. Die äusserst dichten und feinen Markstrahlen werden erst unter der Loupe bemerkbar.

Der Bau dieser Kiefer zeigt grosse Übereinstimmung mit dem Krummholze (*P. montana* Du Roi), nur sind ihre Holzzellen selbst nach der Maceration frei von jeder Streifung, wohl aber kommt eine dem Verlauf der Tüpfelspalten folgende Spaltung in den Zellen des Herbstholzes vor. Harzräume und Harzzellen, namentlich in dem Herbstholze und in den Markstrahlen, finden sich in grosser Menge.

Aus 720 Zählungen bestimmt Schroeder den mittleren Markstrahlcoëfficienten mit 0·87.

Ein Baum des mittleren und nördlichen Europa und Asien, dessen Holz, sowie das von *Pinus Laricio*, wegen seiner Dauerhaftigkeit sehr geschätzt ist.

Dieser Gruppe schliessen sich nach Schroeder an:

Pinus rubra Mill. $C = 0·67$.

Pinus uncinata Ram. et DC. $C = 0·78$; erstere identisch mit *Pinus silvestris* L., letztere mit *Pinus montana* Du Roi. Es leuchtet daher ein, dass das Verhältniss der inneren zu den äusseren Markstrahlen (C) zur Unterscheidung der Arten unbrauchbar ist. Man kann nicht zweifeln, dass die angeführten, aus zahl-

---

[2] Sanio, Anatomie der gemeinen Kiefer, Jahrb. f. w. Bot. IX.

reichen Zählungen gewonnenen Mittelzahlen richtig sind; aber gerade sie beweisen, dass der Unterschied nicht der Species, sondern dem Individuum eigenthümlich ist.

Ferner gehören hieher:

Pinus resinosa Soland.

Pinus austriaca Tratt. (*P. nigricans* Host., *P. Laricio* Poir.).

Pinus Taeda L.

Pinus rigida Mill.

Pinus maritima Ait. (*Pinus Laricio* Poir.).

Pinus Strobus L.

Der Splint ist gelblichweiss, der Kern rothbraun. Die Jahresringe sind etwas verwischt, indem das Herbstholz kaum merklich vom Frühlingsholz verschieden ist (besonders im Kern). Die Markstrahlen sind nur schwer sichtbar.

Die Tracheiden (bis 0·015 Mm. weit) zeigen sonst keine Eigenthümlichkeit, als dass sie da, wo sie über einen Markstrahl ziehen, stärker verdickt sind. Indem in dieser Verdickung grosse Tüpfel frei bleiben, erscheinen die Markstrahlen auf dem Tangentialschnitte von grossen Wülsten umgeben.

Die Markstrahlen sind 3—5 Zellen hoch, meist einreihig, doch kommen auch mehrreihige vor, und diese letzteren erweitern sich hie und da an der Grenze der Jahresringe, indem harzführendes Holzparenchym zwischen die Holzzellen eingeschoben ist. Harzräume finden sich überhaupt in grosser Menge sowohl im Herbst- wie im Frühlingsholze.

Zahlreiche Markstrahlen bestehen bloss aus einer Art von Zellen, nämlich aus der grossgetüpfelten Form.

Man kann sich auch hier, schon an Tangentialschnitten, besser an Zupfpräparaten, überzeugen, dass der Tüpfelcanal vorzüglich von den Tracheiden gebildet wird, während die correspondirende Membran der Markstrahlzelle verdünnt, nicht selten resorbirt ist.

Mitunter sind die oberen und unteren Zellen eines Markstrahles von den inneren verschieden. Aber sie haben niemals zackige Verdickung, sind vielmehr dünnwandig und unter einander und mit den Holzzellen durch kleine, behöfte Tüpfel verbunden.

In Nord-Amerika von Canada bis zu den Alleghani-Bergen.

Pinus Cembra L.[1] ist von *P. Strobus* L. im Baue nicht verschieden.

Pinus Picea Du Roi (*Abies excelsa* DC., *Picea excelsa* Link., *Pinus Abies* L.).

Das Fichtenholz wird von Praktikern wohl von dem Tannenholze unterschieden, aber es ist nicht möglich, sichere Unterscheidungsmerkmale beschreibend anzugeben.

Mikroskopisch lässt es sich bestimmt erkennen, wenn die äusseren Markstrahlzellen deutlich zur Anschauung kommen. Diese sind nämlich behöft getüpfelt, während die inneren nur einfache Poren haben. Da der Hof in allen Fällen sehr klein ist, wird die Entscheidung häufig schwierig sein. Ich habe die Tüpfel bei der Fichte viel zahlreicher gefunden und die Zellwände der Markstrahlen um etwas dünner.

Die Herbstholzzellen sind bisweilen spiralig verdickt.

Ein Baum des nördlichen Europa's und der Gebirge Mittel-Europa's. Das Holz ist weniger elastisch, aber eben so hart und fest als das der Tanne. Wegen seines Harzgehaltes eignet es sich vorzüglich zu Wasserbauten.

Pinus Larix L. (*Larix europaea* DC.)[2].

Der Splint ist gelblich, das Kernholz roth gefärbt.

Nach Schroeder ist das Fehlen der Verdickungsspitzen um die Tüpfel der äusseren Markstrahlzellen für die Lärchen charakteristisch.

[1] Wiesner, Rohstoffe, p. 624.

[2] Wiesner, Rohstoffe, p. 621.

Ich habe gefunden, dass die bis 10 Zellen hohen Markstrahlen nicht selten 3—4 Zellen breit sind, was bei Fichten nicht vorkommt.

Die Lärche ist in Europa und im nördlichen Asien verbreitet. Nach Bechstein soll es im Wasser härter werden als Eichen- und Erlenholz.

Pinus canadensis L., *Pinus alba* Ait. (*Abies alba* Mchx.), *Pinus nigra* Ait. (*Abies nigra* Mchx.), *Pinus orientalis* L. (*Abies orientalis* Poir.), *Pinus pendula* Soland. (*Larix microcarpa* Pinet.) gehören sämmtlich in diese Gruppe; die äusseren Markstrahlen haben kleine, behöfte Tüpfel, die inneren zahlreiche kleine, unbehöfte Tüpfel.

Dammaro alba Rumph.

Fig. 4.

Das Holz ist wachsgelb, mit undeutlichen Jahresringen, aber scharf ausgeprägten hellen Markstrahlen.

Unter dem Mikroskope werden die Jahresringe deutlich, wenngleich die Herbstzellen nur um Weniges kleiner und dickwandiger sind als die Frühlingszellen (0·009—0·015 Mm.). Die Tracheiden stehen so dicht, dass sie sich berühren, und nicht selten trifft man an der den Markstrahlen zugekehrten Seite eine doppelte Tüpfelreihe, in welchem Falle die Tüpfelhöfe zu regelmässigen Sechsecken abgeflacht sind.

Die Markstrahlen sind einreihig, nur 1—3 Zellen hoch und enthalten gelbes Harz. Sie sind vollständig mit grossen (bis 0·009 Mm.) unregelmässig gestalteten, unbehöften Tüpfeln besetzt.

Sunda-Inseln, Molluken und Philippinen.

TAXACEAE.

Taxus baccata L. [1]

Der Splint ist weiss, das Kernholz schön zimmtbraun. Die Jahresringe sind sehr genähert; die Markstrahlen erkennt man erst unter der Loupe.

Die Tracheiden sind enge und stark verdickt. Ihr Lumen schwankt selbst im Frühlingsholze zwischen 0·006—0·02 Mm. Sie sind ausgezeichnet durch ein breites Spiralband, welches als tertiäre Verdickung über die behöften Tüpfel hinwegzieht.

Die Markstrahlen sind einreihig, meist 5 Zellen hoch. Ihre Zellen sind 0·012 Mm. breit und mit kleinen behöften Tüpfeln besetzt.

Es fehlen sowohl Harzporen (Nördlinger), als auch Holzparenchym (Sanio und Wiesner). Schacht [2] gibt an, dass statt der Harzgänge vereinzelte dem Holzparenchym entsprechende Harzzellen vorkommen.

Ein Baum oder Strauch des mittleren und südlichen Europa, Nord-Afrika und Central-Asien bis China, der die Gebirge bis zu beträchtlichen Höhen ansteigt. Das Holz ist hart, schwer zu spalten und gilt für unverwüstlich. Es wird u. A. schwarz gebeizt als deutsches Ebenholz verarbeitet.

Taxus canadensis Willd. und
Torreya nucifera Sieb. & Zucc. (*Taxus nucifera* L.),

welcher auf den Bergen der japanesischen Inseln Nippon und Sikok wild wächst, sind weder makroskopisch noch histologisch von *Taxus baccata* zu unterscheiden [3].

In diese Gruppe gehört auch: *Pinus Douglasii* Sabin (*Abies Douglasii* Lindl.). Vergl. Schroeder, Das Holz der Coniferen.

---

[1] Wiesner, Rohstoffe, p. 628.

[2] Der Baum, Berlin, 1853.

[3] Nach Saporta (Sur l'ornementation des fibres ligneuses striées, Comptes rendus, 1875) ist *Torreya* von *Taxus* und *Cephalotaxus* verschieden. Die Tracheiden jener haben nämlich transversale, enge, gewundene, selbst zickzackförmige Bänder.

Ginkgo biloba L. (*Salisburya adiantifolia* Salisb.).[1]

Die Jahresringe sind sehr breit, die Markstrahlen schon mit unbewaffnetem Auge erkennbar[2].

Die Tracheiden (0·025 Mm.) verjüngen sich sehr rasch und stossen sogar häufig mit horizontalen Scheidewänden aneinander. Sie tragen die gewöhnlichen behöften Tüpfel; nur da, wo sie eine Markstrahlzelle kreuzen, sind sie mit zahlreichen, langgestreckten, gleichsinnig geneigten Spalten durchsetzt. Mitunter sind sie spiralig gestreift.

Die Markstrahlen sind einreihig, ihre Höhe übersteigt 3 Zellen nicht.

Das auffallendste Merkmal, wodurch sich *Salisburya* von allen Coniferen histologisch unterscheidet, sind die dünnwandigen Markstrahlzellen, welche gar kein Relief besitzen. Die durch Maceration isolirten und mit Chlorzinkjod behandelten Zellen lassen keinen Zweifel darüber, dass die auf dem Radialschnitte sich zeigenden Spaltentüpfel bloss durch die Tracheiden gebildet werden.

CHLORANTHACEAE.

Hedyosmum Bonplandianum Kunth.

Der Querschnitt hat einen strahligen Bau. Die abwechselnd hell- und dunkelbraunen Radien sind nahezu gleich breit. Mit Hilfe der Loupe kann man in den helleren Markstrahlen die einzelnen Zellen unterscheiden. In den Holzstrahlen sind kleine Poren sparsam zerstreut.

Die Gefässe sind kaum über 0·045 Mm. weit, wenig verdickt und unregelmässig contourirt. Die grossen unregelmässigen Tüpfel der Seitenwände kommen nur in geringer Zahl zur Anschauung, weil die Querwände sehr stark geneigt und leiterförmig durchbrochen sind, so dass die Gefässe mit den Tracheiden der Farren die grösste Ähnlichkeit haben.

Weitlichtige, feinporige Parenchymzellen kommen nur in geringer Menge vor.

Die grösste Breite der Libriformfasern steht nur wenig hinter jener des Parenchyms zurück (0·025 Mm.); sie sind auch nicht bedeutend dickwandiger. Sie sind oft durch zarte Scheidewände gefächert, und die feinen Spaltentüpfel erweitern sich aus einer kleinen rundlichen Pore.

Die Markstrahlen sind etwa 0·4 Mm. breit und bestehen aus 15 und mehr Zellreihen. Die Zellen sind radial kaum, axial bedeutend gestreckt und bis 0·045 Mm. breit. Sie sind sehr feinporig.

Ein kleiner Strauch aus Neu-Granada mit weichem, fast schwammigem Holze.

CASUARINEAE.

Casuarina stricta Ait.

Fig. 8.

Das harte Holz ist auf dem Längsschnitte gelb, am Querschnitte zimmtbraun. Dunklere concentrische Ringe sind auf diesem deutlich abgehoben und in weiten Abständen verlaufen scharf gezeichnete, helle, breite Markstrahlen. Unter der Loupe erkennt man eine viel dichtere, wellige Zonenbildung und zwischen den breiten zahlreiche dünne, kaum kenntliche Markstrahlen. Poren sind nicht deutlich zu unterscheiden[3].

Unter dem Mikroskope erkennt man als Grund der concentrischen Zeichnung des Querschnittes die tangentialen Reihen von Holzparenchym, welche die mächtigen Lagen stark verdickter Holzfasern von einander trennen.

Die Parenchymzellen und hie und da ihnen untermischte Ersatzfasern sind mässig verdickt, bis 0·012 Mm. weit und ihre Wand ist reichlich von feinen Poren durchsetzt.

Die Holzfasern sind stark, oft bis auf einen engen Canal verdickt. Tüpfelung, immer durch einfache Poren gebildet, ist niemals reich, fehlt oft ganz. Die eigenthümliche gallertartige Verdickung, welche

---

[1] Mohl, Über den Bau des Cicadeen-Stammes. Verm. Schr. p. 199.

[2] Mit röthlich-gelbem Kernholz (Nördlinger, Holzquerschnitte).

[3] In Nördlinger's Querschnitten befindet sich *Casuarina torulosa* mit sehr breiten Spiegeln und Poren, welche mit blossem Auge zu unterscheiden sind.

Sanio [1] im Libriform und in den Tracheiden bei *Casuarina torulosa* gefunden hat, scheint mir auch hier zu verholzen, da ich sie erst nach dem Kochen in Kali durch Chlorzinkjod zur Anschauung bringen konnte.

Die Gefässe sind unregelmässig angeordnet, vereinzelt oder in kleine Gruppen vereinigt, aber niemals gegenseitig abgeflacht. Sie sind immer von Libriform umgeben, höchstens an das Holzparenchym angelagert, aber nie in die Reihe dieser eingeschoben. Ihre Form ist ziemlich regelmässig kreisrund, ihr Lumen erreicht 0·04 Mm. Ihre Glieder sind kurz und stossen mit wenig schiefen Wänden aneinander. Kleine behöfte Tüpfel besetzen die Wand.

Die meisten Markstrahlen sind einreihig, nur einige sind breit, immer ist ihre Höhe sehr beträchtlich. Die einreihigen Markstrahlen bestehen aus rechteckigen oder trapezoiden Zellen, während die breiten Markstrahlen ein unregelmässiges, einem Stratum von Steinzellen ähnliches Gewebe bilden. Ihre Tüpfelung stimmt mit jener des Parenchyms überein. Sie enthalten oft Harz, hie und da einen gut ausgebildeten Krystall.

Casuarina equisetifolia L. fil.

Die der Beschreibung von Wiesner [2] beigegebene Abbildung des Querschnittes stimmt im Wesentlichen mit der meinigen überein.

Die *Casuarina*-Arten, in Neu-Holland und den Inseln der Südsee heimisch, werden häufig in den Tropen cultivirt [3] und liefern ein schweres, hartes Holz (Eisenholz).

BETULACEAE.

Die Ordnung umfasst die Gattungen *Betula* und *Alnus*, deren Holz sehr gleichartig gebaut ist.

Betula alba L. [4]

Fig. 9.

Mit unbewaffnetem Auge erkennt man nur die Jahresringe. Unter der Loupe werden zahlreiche, feine und helle Markstrahlen und kleine Poren sichtbar.

Die Jahresgrenze wird weniger durch Verdickung als durch die in radialer Richtung zusammengedrückten Herbstholzzellen und durch grössere Gefässe in den ersten Frühlingstagen markirt. Die Gefässe sind übrigens durch die ganze Breite des Jahresringes verbreitet und lassen in den engen Holzstrahlen eine radiale Anordnung erkennen. Sie stehen selten vereinzelt, meist stehen mehrere (kaum über 5), eine kurze radiale Reihe bildend, neben einander, flachen sich gegenseitig an den Berührungsflächen ab, so dass die inneren viereckig werden. Die isolirten Gefässe sind elliptisch geformt, ihre grosse Achse ist parallel mit den Markstrahlen und übersteigt wohl nicht 0·045 Mm. an Länge. Die Gefässwand ist sehr dicht mit kleinen elliptischen Poren besetzt. Ihre quere Scheidewand ist leiterförmig durchbrochen und stark geneigt.

Das Holzparenchym kommt in zwei Formen vor. Im ersten Frühlingsholze bildet es eine mehrere Zellen breite Lage fast quadratischer, auch unregelmässiger Zellen, deren Lumen grösser ist als das der anderen Zellen und deren Wand auch etwas stärker verdickt und reicher getüpfelt ist. Gegen die Herbstgrenze zu sind Holzparenchym und Holzzellen in gleichem Masse, beide nicht bedeutend, verdickt. Erstere (Sanio's Ersatzfasern) sind etwas weitlichtiger, horizontal begrenzt und axial bedeutend gestreckt. Sie sind, wie die Holzzellen nur spärlich getüpfelt. Im Herbstholze kommen enge, wie die Gefässe reich getüpfelte Tracheiden vor.

Die Markstrahlen sind meist einreihig, selten 2—3 Zellen breit, ihre Höhe ist nicht beträchtlich. Die Markstrahlzellen, mit senkrechten, hie und da auch stark geneigten Querwänden, aneinanderstossend, stehen untereinander durch kleine Poren in Verbindung. Da wo sie sich mit anderen Gewebsformen kreuzen, adop-

[1] Vergl. Unters. etc. Bot. Ztg. 1863.
[2] Rohstoffe des Pflanzenreiches, p. 616.
[3] Catal. des Col. fr.
[4] Wiesner, Rohstoffe, p. 598.

tiren sie die Tüpfelung dieser, so dass sie reich oder spärlich getüpfelt sind, je nachdem sie an Gefässe oder an Holzzellen grenzen.

Die Birke ist in zahlreichen Arten und Varietäten fast über ganz Europa verbreitet. Im Süden steigt sie die Gebirge hinan, im Norden überschreitet sie den Polarkreis. Ihr Holz ist weich, weiss glänzend, gleichmässig aber schwer spaltbar und nicht sehr dauerhaft [1].

Alnus incana Willd.

Das Holz der Erle ist grau-röthlich mit deutlichen Jahresringen und Markstrahlen, ist aber dem Birkenholze sehr ähnlich. Das Loupenbild zeigt grössere und zahlreichere Gefässporen, die strahlig gruppirt sind.

Unter dem Mikroskope erkennt man als Grund hiefür die in Gruppen zu 6 selbst 8 in radialer Richtung aneinander gereihten Gefässe. Die Elemente des Holzes haben dieselbe Anordnung wie bei der Birke, und nur durch unmittelbare Vergleichung kann constatirt werden, dass die Holzzellen der Erle stärker verdickt (Wiesner beschreibt sie für *Alnus glutinosa* Gärt. verhältnissmässig breit und dünnwandig) und die Gefässwände mit grösseren Poren besetzt sind.

Die horizontale und verticale Verbreitung der Erle ist beschränkter als die der Birke. Ihr Holz, weniger fein und leichter spaltbar, ist wenig dauerhaft, soll aber der Einwirkung des Wassers gut widerstehen.

CUPULIFERAE.

Die Cupuliferen stimmen nur in dem Punkte mit einander überein, dass ihre Gefässe isolirt sind und entsprechend grosse behöfte Tüpfel mit quergelagerter Spalte besitzen. Die den Betulaceen eigenthümliche radiale Anordnung der Elemente findet sich nur bei *Castanea*.

Bei *Quercus* sind die grossen Gefässe im Frühlingsholze ringförmig angeordnet, die sich ihnen stellenweise anschliessenden sind namhaft kleiner. Bei den beiden anderen Gattungen sind die Gefässe regellos zerstreut oder in radialen Gruppen und nur im Herbstholze werden sie um Weniges kleiner und bei *Fagus* auch seltener. Die Gefässglieder stehen durch offene Löcher in Verbindung (*Quercus*) oder auch durch leiterförmig durchbrochene Scheidewände (*Castanea, Fagus*). Unzweifelhafte Tracheiden kommen nur bei *Quercus* vor. Sie umgeben hier die grossen wie die kleinen Gefässe als eine ihnen sehr verwandte Formation. Ihnen gegenüber tritt das Libriform in den Hintergrund, während es bei *Castanea* und *Fagus* die Grundmasse des Holzes ausmacht. Bei der letzteren sind die Fasern dünner, ihre Lumina kleiner, eine Erklärung für die Härte und Dichte des Buchenholzes.

Die Durchmesser der Holzfasern sind

bei *Quercus* . . 0·009 Mm.
„ *Castanea* . . 0·02 „
„ *Fagus* . . . 0·012 „
„ *Betula* . . . 0·012 „

Die dünnsten Fasern hat demnach *Quercus*, die breitesten *Castanea*, die Fasern von *Fagus* und *Betula* sind gleich dick und stehen zwischen beiden. Auf die Raumeinheit kommen um so mehr Fasern, je dünner diese sind. Ein zweiter Factor zur Beurtheilung der Festigkeit des Holzes ist das Verhältniss des Lumens zur Wand der Faser oder der Grad der Verdickung. Die Faser der Kastanie hat das grösste Lumen und es folgen die Birke, die Buche, die Eiche, welche beiden letzteren in der That zu den widerstandsfähigsten Hölzern gehören. Die physikalischen Eigenschaften des Holzes hängen auch wesentlich mit der chemischen Zusammensetzung der Zellwände zusammen, allein wir haben bis heute kein Mittel, um diese mit Sicherheit zu erkennen.

---

[1] Hartig (Erfahrungen über die Dauer der Hölzer, Berlin 1836) zählt es unter den am wenigsten dauerhaften Hölzern auf.

[2] *Quercus Ilex* fehlen die grossen Gefässe im Frühlingsholze. Vergl. Sanio, Unters. etc. Bot. Ztg. 1863, p. 401.

Holzparenchym kommt in der Eiche unter den Tracheiden zerstreut und zwischen den Markstrahlen tangentiale Reihen bildend vor. In der Buche ist diese Anordnung schon weniger in die Augen fallend, die Reihen sind kurz, häufig unterbrochen und der Kastanie endlich fehlt das Parenchym. Ihr Lumen ist etwas grösser als das der Fasern und immer sind sie reicher mit kleinen Poren besetzt als diese. Der Eiche und der Buche kommen zweierlei Markstrahlen zu, breite (bis 30 Zellen) und feine (1—5 Zellen). Die Kastanie hat bloss die letzteren. Diese sind überdies ausgezeichnet durch die zackige Verdickung ihrer Zellen. Sonst sind die Zellen bloss getüpfelt, und zwar mit zahlreichen kleinen Poren, wenn sie untereinander oder mit dem Parenchym in Verbindung stehen, mit wenigen und grossen Tüpfeln, wo sie an Elemente des trachealen Systemes grenzen.

Quercus Cerris L.

Fig. 11.

Jahresringe und breite Markstrahlen sind deutlich. Am Anfange jedes Holzringes befindet sich ein Kreis zahlreicher und grosser Poren. Die breiten Holzstrahlen schliessen mit einem nach aussen convexen Bogen gegen das Frühlingsholz des nächsten Jahres ab.

Unter der Loupe erkennt man, dass die Poren einzeln stehen und sich, immer kleiner werdend, an einigen Stellen bis nahe zur Herbstgrenze ausdehnen (in Form eigenthümlicher Schwänzchen, Nördlinger). Zwischen den breiten Markstrahlen werden zahlreiche andere durch ihre dunklere Farbe kenntlich.

Unter dem Mikroskope erscheint die Jahresgrenze ausser durch die grossen Gefässe im Frühlingsholze auch dadurch markirt, dass die äusserste Schichte der Herbstzellen tangential abgeplattet ist ohne wesentlich stärker verdickt zu sein als das Grundgewebe.

Die Gefässe sind nur durch ihre Grösse, nicht aber im Baue verschieden. Ihr Lumen ist selten über 0·15 Mm. weit, ihre Wand mit 0·004 Mm. grossen behöften Tüpfeln besetzt, deren Spalte schmal und quergestellt ist. Ihre Scheidewand ist nur wenig geneigt. Alle Gefässe sind von dünnwandigen Elementen umgeben, welche sich der Hauptmasse nach als Tracheiden erweisen, dem parenchymatische Zellen untermischt sind. Die Tracheiden sind 0·01 Mm. weit, mit einer, mitunter auch zwei Reihen behöfter Tüpfel.

Das Holzparenchym kommt auch unabhängig von den Tracheiden und den Gefässen in tangentialen, mitunter unterbrochenen Reihen vor. Die Zellen sind etwas weiter als die Tracheiden, wodurch sie sich schon am Querschnitte erkennen lassen und ihre Poren sind punktförmig klein.

Das Libriform tritt quantitativ hinter den übrigen Elementen des Holzkörpers zurück. Es findet sich in kleinen Complexen zwischen den Gefässen und in jenen Holzstrahlen, welche bloss grosse Gefässe enthalten, beginnt es hinter diesen in einer scharf abgesetzten geraden Linie. Die Fasern sind sehr stark verdickt und haben kleine und spärliche Poren.

Die makroskopischen Markstrahlen sind 30 Zellen und darüber breit; sie verlaufen geradlinig, während die zahlreichen Interfascicularstrahlen selten mehr als eine Zelle breit sind und, indem sie den Gefässen ausweichen, geschlängelt verlaufen. Ihre Zellen sind ebenso verdickt wie das Holzparenchym, ihre Tüpfelung variirt und ist von den angrenzenden Elementen abhängig. Sie besteht aus kleinen Poren, wo Parenchym die Strahlen kreuzt und aus grossen immer unbehöften Tüpfeln, wo die Verbindung mit Gefässen herzustellen ist. In den Markstrahlzellen ist Harz und Eisen bläuender Gerbstoff enthalten.

Die Zerreiche ist im südlichen Europa und in Klein-Asien heimisch. Das Holz findet ausgedehnte Anwendung in der Bautechnik, es ist aber weniger spaltbar als die anderen Eichenarten, und wird auch von einigen an Dauerhaftigkeit übertroffen. Über die Unterscheidung der für unsere Industrie vorzüglich wichtigen Arten vergl. Wiesner, Rohstoffe des Pflanzenreiches, pag. 604.

Castanea vulgaris Lam. (*Fagus Castanea* L., *Castanea vesca* Gaertn.).

Fig. 12.

Das Kernholz der Kastanie ist braun. Jahresringe und zahlreichere helle Markstrahlen sind deutlich erkennbar. Unter der Loupe sieht man zahlreiche kleine Poren, welche im ganzen Jahresringe zerstreut sind.

Die äussersten Zellen des Herbstholzes sind tangential abgeplattet, seine Gefässe kleiner, aber an Zahl nicht merklich geringer. Sie stehen selten isolirt, häufig in radialen Reihen zu 4—6, hie und da auch in Gruppen bis zu 8 Gefässen. Daher ist ihr Umriss viereckig oder polygonal. Das Lumen ist schwankend, doch übersteigt es kaum je 0·045 Mm. Ihr Bau vereinigt die Charaktere der Birke und der Eiche. Sie haben die leiterförmig durchbrochenen Scheidewände jener und die grossen behöften Tüpfel dieser. Der Tüpfelhof ist querelliptisch und, da die Tüpfel einander oft sehr genähert sind, gerundet viereckig. Der Tüpfelcanal ist eine quere Spalte.

Die Grundmasse des Holzes besteht aus Libriform, dessen Querschnitt (0·02 Mm.) und Lumen (0·012 Mm.) ungewöhnlich gross ist. Seine Wand ist nur spärlich von Poren durchsetzt und deutlich hebt sich die innerste Verdickungsschichte (gallertartige Verdickung Sanio's) ab.

Es kommen weder Tracheiden noch Holzparenchym vor[1].

Die Markstrahlen sind nur selten eine[2], meist 3—4 Zellen breit, ihre Höhe kann 0·6 Mm. erreichen. Ihre Zellen sind ausgezeichnet durch schöne zackige Verdickung. Wo sie an Libriform grenzen, sind sie nur spärlich punktirt, dagegen tragen sie grosse, meist 4 Tüpfel an der Stelle, wo sie sich mit einem Gefässe kreuzen.

Die Kastanie wächst in Süd-Europa, in Asien bis China und Japan und in Nord-Afrika. Ihr Holz ist weich, weniger fest und dauerhaft als das der Eiche und Buche.

Fagus sylvatica L.[3]

Die Jahresringe sind scharf ausgeprägt, die Markstrahlen breit und glänzend. Unter der Loupe erkennt man ausserdem zahlreiche feine Markstrahlen und kleine Poren, welche im Herbstholze viel sparsamer werden.

Mikroskopischer Befund: Die Gefässe nehmen im Herbstholze nicht nur an Zahl, sondern auch an Grösse ab. Immer fast stehen sie isolirt und ihre Anordnung ist durchaus unregelmässig. Ihr Lumen, kurz elliptisch, schwankt nur innerhalb geringer Grenzen und beträgt höchstens 0·03 Mm. Sie stehen mit einander durch grosse offene Löcher oder durch leiterförmig durchbrochene Scheidewände in Verbindung. Die behöften Tüpfel sind entsprechend klein (0·004 Mm.) und ihre Porenspalte steht quer.

Nach Sanio besteht die Grundmasse des Holzes aus Tracheiden. Isolirt man aber die Elemente, so findet man lang zugespitzte, stark verdickte (Diam. 0·012 Mm.), behöft getüpfelte Fasern; unzweifelhaftes Libriform.

Die Parenchymzellen finden sich spärlich zerstreut, oder kurze, unterbrochene tangentiale Reihen bildend. Sie sind reich getüpfelt und ihr Lumen übertrifft das der Fasern um ein Geringes an Grösse.

Die Markstrahlen[4] sind von sehr verschiedener Breite. Die schon mit unbewaffnetem Auge sichtbaren sind 12—15 Zellen breit, die zwischen ihnen liegenden unkenntlichen nur 1 bis höchstens 5 Zellen. Sie erreichen eine beträchtliche Höhe. Die Zellen sind stark verdickt und porös, nur wo sie sich mit Gefässen kreuzen, ist die Verbindung durch grössere, stets unbehöfte Tüpfel hergestellt.

Nur alte Buchenstämme haben einen röthlichbraunen Kern. Für Mittel-Europa hat es als Brennholz die grösste Bedeutung. Wegen seiner Härte und Spaltbarkeit findet es in manchen Gewerben, wegen seiner Biegsamkeit zur Herstellung der Möbel aus gebogenem Holze, Anwendung.

---

[1] Sanio (vergl. Unters. etc. Bot. Ztg. 1863, p. 404) führt *Castanea vesca* unter den Hölzern auf mit der Formel: $hp+l(t+G)$.

[2] Sanio, ibid.: „Die Interfascicularstrahlen sind einreihig."

[3] Wiesner, Rohstoffe, p. 602.

[4] Auch die primären Markstrahlen endigen im Holze, ohne die Rinde zu erreichen. (Hartig, Beiträge etc. Bot. Ztg. 1859.)

CORYLACEAE.

Die Corylaceen werden mitunter als *Quercaceae* mit den Cupuliferen in eine Ordnung vereinigt. Die Histologie ihres Holzes stellt sie in nahe Verwandtschaft mit den Betulaceen. Ihr hervorstehendster Charakter sind die zu radialen Reihen oder Gruppen vereinigten Gefässe, welche aber hier behöfte Tüpfel mit querem oder rundem Porencanal haben, während sie bei den Betulaceen zahlreiche kleine Poren besitzen. Die Querwand ist bei *Ostrya* vollständig resorbirt, bei *Carpinus* und *Corylus* häufig leiterförmig durchbrochen. Tertiäre spiralige Verdickung der Gefässwand ist bei *Ostrya* die Regel, bei *Carpinus* kommt sie nur hie und da den engen Gefässen zu und *Corylus* entbehrt ihrer fast gänzlich. Echte Tracheiden finde ich nur bei *Ostrya.* Sie bilden hier unzweifelhafte Übergänge zu den Gefässen. Das Grundgewebe der beiden anderen Gattungen besteht hauptsächlich aus stark verdicktem Libriform, dessen Tüpfel spärlich und klein sind, bei *Carpinus* auch behöft. Parenchym kommt nur in untergeordneter Menge in isolirten Faserzügen vor. Die Zellen sind ziemlich stark verdickt und fein durchlöchert.

Die Markstrahlen sind schmal, 1—5 Zellen breit und nicht sehr hoch. Sie sind aber stellenweise einander so genähert, dass sie dem unbewaffneten Auge breite vortäuschen. Das Lumen ihrer Zellen bietet ein nicht zu unterschätzendes Merkmal für die Unterscheidung der Gattungen, besonders im Zusammenhalte mit dem Durchmesser der anderen Elemente.

Es beträgt das Lumen:

	der Gefässe	des Libriform	der Markstrahlzellen
bei *Ostrya* . . .	0·03 Mm.	0·015 Mm.	0·015 Mm.
„ *Carpinus* .	0·036 „	0·015 „	0·012 „
„ *Corylus* . .	0·03 „	0·012 „	0·009 „

Die Tüpfelung der Zellen zeigt die allgemeine Abhängigkeit von dem Relief derjenigen Elemente, mit denen sie communiciren.

Ostrya virginica Willd. [1]

Die Jahresringe sind nicht scharf ausgeprägt, dagegen breite Markstrahlen. Schon durch die Loupe werden diese in sehr genäherte feine Strahlen aufgelöst, und ausserdem eine grosse Menge anderer sichtbar. Kleine Poren sind über die ganze Fläche zerstreut. Ihre Zahl nimmt aber gegen die Herbstgrenze zu ab, und sie fehlen ganz innerhalb der scheinbar breiten Markstrahlen.

Unter dem Mikroskope zeigen die Elemente des Holzes deutlich radiale Anordnung. Die Jahresgrenze ist durch zahlreichere und etwas grössere Gefässe im Frühlingsholze und durch einige Reihen abgeflachter Herbstzellen markirt.

Die Gefässe sind selten isolirt, meist sind sie zu radialen Reihen vereinigt, welche bis zu 8, sogar 12 Elemente umfassen. Sie gehören zu den engen Gefässen, indem ihr Lumen nur ausnahmsweise 0·03 Mm. erreicht. Sie stehen durch grosse Löcher in Verbindung und ihre Wand trägt ein doppeltes Relief. Einmal 2—3 Reihen relativ grosser (0·006 Mm.) behöfter Tüpfel mit rundlichem, selten spaltenförmigem Tüpfelcanal, sodann Spiralen, welche sowohl rechts- als linksläufig sind.

Häufig sind Tracheiden. Sie sind bis 0·012 Mm. weit, schliessen sich direct an die Gefässe an und verlängern so am Querschnitte ihre radialen Reihen. Die Tüpfelung, welche jener der Gefässe gleicht, lässt sie mit Sicherheit von dem Libriform unterscheiden, mit dem es im Lumen und Verdickung nahe übereinstimmt. Das Libriform mit einzelnen Parenchymfasern bildet das Grundgewebe, in dem die trachealen Formationen eingelagert sind.

Es kommen nur einerlei Markstrahlen vor, welche meist eine, selten zwei oder drei Zellen breit sind. An den Stellen, wo sie die breiten Strahlen zu bilden scheinen, sind sie einander so genähert, dass zwischen

---

[1] Sanio, Vergl. Unters. etc. Bot. Ztg. 1863, p. 404.

ihnen nur eine, zwei, höchstens drei Reihen Libriform und gar keine Gefässe Platz finden. Ihre Zellen sind stark verdickt, ihr Lumen 0·015 Mm. weit, ihre Querwand gerade oder in verschiedener Richtung etwas geneigt. Die Tüpfelung hängt von den angrenzenden Elementen ab und ist klein und reichlich, die Tüpfel erreichen 0·003 Mm.

Das Holz dieses kleinen nordamerikanischen Baumes oder Strauches ist grau, weich und gleichmässig.

Carpinus betulus Lam.[1]

Die Jahresringe sind wellig, die Markstrahlen breit. Unter der Loupe erscheinen zahlreiche feine Markstrahlen (in den Ästen blos diese, Nördlinger), und die scheinbar breiten werden in sehr genäherte feine Strahlen aufgelöst. Einzelne und in Reihen oder Gruppen vereinigte Poren sind reichlich im Frühlingsholze und nehmen gegen das Herbstholz an Zahl bedeutend ab.

Mikroskopischer Befund: Die äussersten Herbstzellen sind tangential abgeflacht. Die radialen Reihen oder Gruppen von Poren enthalten selten mehr als fünf Gefässe. Sie werden im Herbstholz weniger, nicht aber merklich kleiner. Ihr Lumen beträgt 0·036 Mm. Sie sind reich getüpfelt, aber nur die kleinen Gefässe haben eine spiralige Verdickung. Der Tüpfelhof ist klein, quer-elliptisch und die Porenspalte quer. Ihre Scheidewand ist leiterförmig durchbrochen. Das Grundgewebe zeigt undeutlich radiale Anordnung. Es besteht hauptsächlich aus faserigen Elementen von sehr verschiedenem Durchmesser (0·006—0·015 Mm.), welche an der Grenze der Markstrahlen durch Parenchym ersetzt sind. Das Libriform ist stark verdickt, die Tüpfel sind spärlich, klein und, wie es scheint, behöft. Das Parenchym besteht aus stark verdickten, reich getüpfelten Zellen.

Die Markstrahlen sind 1—4 Zellen breit. Die Zellen sind im Mittel 0·012 Mm. breit, sonst denen bei *Ostrya* analog.

Die Weissbuche (Hainbuche) ist ein Baum Mittel-Europa's. Das Holz ist weiss, seidig glänzend, hart und schlecht spaltbar.

Corylus Colurna Linn.[2]

Fig. 13.

Die Jahresringe sind deutlich wie die zahlreichen feinen Markstrahlen zu erkennen. Unter der Loupe erscheint das Frühlingsholz reich punktirt.

Die Gefässe stehen in radialen Reihen oder kleinen Gruppen. Sie sind klein, nur 0·03 Mm. weit und ihre Scheidewand ist leiterförmig durchbrochen. Der Tüpfelhof ist quer-elliptisch, der Tüpfelcanal spaltenförmig. Nur ausnahmsweise und dann in weiten Abständen findet man einige Spiralstreifen.

Die übrigen Elemente haben denselben Bau wie bei *Carpinus*, nur sind sie kleiner. Die Holzfasern sind nur 0·012 Mm. dick, und das Lumen der Markstrahlzellen misst 0·009 Mm. Die Markstrahlen sind meistens nur eine Zelle breit.

Das Holz der türkischen Haselnuss ist lichtbraun, gleichmässig, weich.

ULMACEAE.

Der Ring grosser Gefässe, welcher sich im Frühlingsholze der Eichen vorfindet, kehrt bei den Ulmaceen wieder, und besonders hat die Gattung *Planera* grosse Ähnlichkeit mit *Quercus*, indem bei beiden dieser Ring blos aus einer Reihe von Gefässen besteht, während bei *Celtis* und *Ulmus* der Porenring eine grössere Breite besitzt.

Die Elemente der trachealen Formation haben überall die Tendenz zur tangentialen Anordnung. Ihre Tüpfelung ist nicht wesentlich verschieden, aber bei den Ulmaceen kommt, bei den kleinen Formen ohne Ausnahme, die spiralige Verdickung hinzu.

[1] Sanio, Vergl. Unters. etc. Bot. Ztg. 1863, p. 401. — Wiesner, Rohstoffe, p. 599.

[2] Über *Corylus Avellana* L. vergl. Wiesner, Rohstoffe, p. 601.

Die Repräsentanten der drei Gattungen, welche beschrieben werden, sind schon aus der Betrachtung des Querschnittes leicht zu unterscheiden. Grössere Schwierigkeiten bietet die Differenzirung der Formelemente.

Die Gefässe kommen in zwei Formen vor. Die grossen im Frühlingsholze erreichen einen Durchmesser von 0·15 Mm. bei der Ulme, 0·012 Mm. bei *Celtis* und 0·07 Mm. bei *Planera*. Die im Herbst- und Sommerholze auftretenden Gefässe (bei *Planera* sind diese durch Tracheiden ersetzt) sind nicht blos namhaft kleiner, sondern sie sind auch spiralig gestreift. Dadurch bilden sie den Übergang zu den Tracheiden, welche bei *Ulmus* nur in geringer Menge vorkommen, bei *Planera* dagegen tangential verlaufende Gruppen bilden. Bei allen sind sie ausserdem die Begleiter der Gefässe, denen sie im Baue sehr verwandt sind. Bei *Planera* und *Celtis* habe ich auch Tracheiden beobachtet, die treppenförmig verdickt waren, und denen jede Tüpfelbildung fehlte.

Holzparenchym und Ersatzfasern kommen nur in geringer Menge vor, u. z. mit Tracheiden vermischt in der Umgebung der Gefässe. Ihr Bau ist so wenig charakteristisch, wie der des Libriform, welches die Hauptmasse des Holzkörpers bildet.

Ulmus pedunculata Foug. (*Ulmus effusa* Willd.).

Die Jahresringe sind scharf getrennt durch die im Frühlingsholze einen breiten Ring bildenden grossen Poren. Der übrige Theil des Holzringes ist durch zahlreiche Markstrahlen und zwischen ihnen verlaufende hellbraune Strichelchen wellig gefeldert. Schon unter der Loupe erkennt man als Ursache der welligen Zeichnung tangential angeordnete Gruppen kleiner Gefässe.

Die Gefässe im Frühlingsholze sind entweder isolirt, oder 2—3 grosse berühren einander, oder die Gruppe besteht aus einem grossen und mehreren anliegenden kleinen Gefässen. Ihr Lumen beträgt etwa 0·15 Mm. und nimmt nach aussen rasch ab, so dass die auf die erste Zone grosser Gefässe unmittelbar folgende Gruppe neben kleineren höchstens 0·045 Mm. weite Gefässe enthält. Von da ab erfolgt die Abnahme der Grösse allmälig, und die letzten Gruppen im Herbstholze enthalten noch Gefässe von 0·015 Mm. Die tangentiale Anordnung der Gefässgruppen ist sehr augenfällig. Ihre Bänder verlaufen durch die Breite mehrerer Holzstrahlen in einer Linie, blos durch die Markstrahlen unterbrochen. Hie und da bleibt ein Holzstrahl frei, oder eine Gruppe bildet nicht die directe Fortsetzung der vorangehenden, sondern setzt an einer höheren oder tieferen Stelle an, wodurch eben die gebrochen wellige Zeichnung des Querschnittes bedingt wird.

Die Tüpfel sind rundlich, häufig stehen sie so dicht, dass sie sechseckig werden. Der Hof misst 0·009 Mm. In den weitesten Gefässen ist der Tüpfelcanal quer spaltenförmig, in den mittleren und engen rundlich. Die letzteren haben überdies spiralige Streifung.

Neben den Gefässen kommen spärliche Tracheiden vor, deren Bau mit dem der engen Gefässe übereinstimmt.

Holzparenchym und Ersatzfasern kommen nur vereinzelt vor. Am Querschnitt sind sie durch ihren gelben Inhalt kenntlich, der auch die Zellen der Markstrahlen erfüllt. Sie haben sehr kleine Poren, nur wo sie an Gefässe grenzen, tragen sie grosse (0·006 Mm.) unbehöfte Tüpfel.

Das Libriform, quantitativ der hervorragendste Bestandtheil des Holzes, bildet die breiten Bänder zwischen den Gefässgruppen. Es ist stark verdickt und von verschiedenem, 0·015 Mm. erreichendem Durchmesser. Die Poren sind spärlich und klein.

Die Markstrahlen sind 1—6 Zellen breit. Sie sind durch die Gefässe häufig von der geraden Richtung abgelenkt. Ihre Zellen sind mässig verdickt, das Lumen kleiner als das der anderen Elemente (0·012 Mm.), und ihr Inhalt: Gerbstoff, Harzmehl und Stärke.

Das Kernholz der Ulme ist rothbraun, wird nach der Peripherie zu lichter bis weiss. Es ist hart und grob.

Ulmus campestris L.

Unterscheidet sich nicht von der vorigen. Vergl. Wiesner, Rohstoffe, p. 610.

Planera aquatica Gmel.

Fig. 14.

Der Querschnitt zeigt sehr genäherte helle concentrische Ringe und zahlreiche Markstrahlen. Unter der Loupe erscheinen in den hellen, gelben Kreisen des Frühlingsholzes spärlich grosse Gefässe. Der bedeutend breitere gefässlose Theil des Jahresringes ist dunkler braun gefärbt und es heben sich sehr deutlich die weissen, feinen Markstrahlen und kurze, die Markstrahlen quer verbindende weisse Linien ab.

Mikroskopischer Befund: Die Gefässe kommen nur im Frühlingsholze in einer ringförmigen Zone u. z. da die Markstrahlen sehr genähert sind, in jedem Holzstrahl nur ein Gefäss vor. Der Durchmesser ist bei allen nahezu gleich und beträgt 0·075 Mm. Ihre Wand ist reichlich mit kreisrund behöften Tüpfeln besetzt. Die Porenspalte ist quer gestellt und in den innersten Verdickungsschichten verbinden sich die Spalten zweier oder dreier benachbarter Tüpfel zu einer Linie. Die meisten Gefässe enthalten citronengelbes Harz.

Die Gefässe sind umgeben von einem relativ weiten und dünnwandigen Gewebe, welches ausserdem, mehrere Zellen breit, jene schon mit freiem Auge sichtbaren tangentialen Bänder bildet. Es besteht aus Tracheiden und zum geringen Theile aus Parenchym. Der Durchmesser der Tracheiden ist sehr schwankend. Es kommen sehr enge und bis 0·025 Mm. weite vor. Ihr Relief ist gleichfalls verschieden. Die einen haben das Aussehen von Treppengefässen, ihnen fehlen die Tüpfel, andere haben dieselbe Tüpfelung wie die Gefässe und bei einigen kommt noch eine feine spiralige Streifung hiezu. Die Parenchymzellen sind axial gestreckt, häufig unregelmässig contourirt und haben kleine Poren.

Das stark verdickte Libriform bildet breite Bänder zwischen der trachealen Formation.

Die Markstrahlen sind 1—4 Zellen, selten darüber breit. Sie verlaufen meist geradlinig, hie und da durch ein Gefäss aus der Richtung abgelenkt. Ihre reich porösen Zellen sind auffallend enge (0·006 bis 0·009 Mm.).

Der Baum ist in Nord-Amerika heimisch und liefert ein hartes hellgelbes Holz.

Celtis Tournefortii Lamk.

Dem unbewaffneten Auge erscheint der Querschnitt jenem von *Planera* sehr ähnlich, nur ist die Farbe matter und die Zeichnung weniger fein. Schon mit Hilfe der Loupe (an feinen Durchschnitten auch schon mit blossem Auge) erkennt man, dass bei *Celtis* die grossen Poren im Frühlingsholze in mehreren Reihen stehen und dass kleinere Poren im ganzen Holzringe zerstreut sind und eine wenig deutliche tangentiale Anordnung zeigen.

Mikroskopischer Befund: Die Jahresgrenze ist durch einige Reihen rechteckiger, in radialen Reihen stehender Zellen, markirt. Im Frühlingsholze stehen die grossen (0·12 Mm.) Gefässe isolirt oder zwei und drei vereinigt, in mehreren Reihen. Ausserdem sind im Holzringe Gruppen kleinerer (0·015—0·03 Mm.) Gefässe, welche unterbrochene tangentiale Reihen bilden.

Die grossen wie die kleinen Gefässe sind von relativ weitlichtigen Zellen umgeben, so dass der Querschnitt deutlich gebändert erscheint.

Die Gefässwand ist mit rundlichen, mitunter sechsseitigen behöften Tüpfeln besetzt, deren Poren rundlich, seltener spaltenförmig sind. An einzelnen Stellen sind die Poren gross, querelliptisch und kaum behöft.

Das Parenchym und die Tracheiden, welche die Gefässe umgeben und das Libriform, welches die mächtigen Bänder zwischen den Gefässen bildet, stimmen in ihrem Bau vollkommen mit den Elementen von *Planera* überein. Auch die Markstrahlen lassen weder in Anordnung noch im Bau eine Verschiedenheit wahrnehmen.

Diese Art des Zürgelbaumes kommt im Orient, Kaukasus und in Kurdistan vor. Das Holz ist hart, gelblich-grün mit bräunlichem Kern. Es kommt weniger in Verwendung als das Holz von *Celtis australis* (s. Wiesner, Rohstoffe, p. 612), welches einen nicht unbedeutenden Handelsartikel bildet.

MORACEAE.

In Rücksicht der Vertheilung der Elementarorgane schliesst sich *Morus* unmittelbar an *Ulmus* an. Diesen nahe verwandt ist *Maclura aurantiaca*, während *Maclura tinctoria*, mehr noch *Broussonetia*, schon einen wesentlich verschiedenen Typus zeigen.

Bei *Morus* bilden die Gefässe im Frühlingsholze einen breiten Ring, Gruppen kleiner Gefässe bilden sehr unterbrochene, tangentiale Reihen. Sie sind von spärlichem Perenchym umgeben.

Maclura aurantiaca hat denselben Ring grosser Gefässe, aber der Raum zwischen ihnen ist vollkommen von Parenchym ausgefüllt. Dieses mit Tracheiden untermischt, bildet auch tangentiale Binden im Sommer- und Herbstholze, welche, obwohl unterbrochen, doch deutlich hervortreten, weil sie wenigstens über mehrere Holzstrahlen sich erstrecken. Die Elemente, welche ich hier als Tracheiden bezeichne, sind als solche nur bei sorgfältiger Beobachtung und bei starker Vergrösserung zu erkennen, weil sie mit Parenchymfasern die grösste Ähnlichkeit haben (Fig. 15). Die Gründe, warum ich die in Rede stehenden Elemente für Tracheiden halte, sind folgende: Die tangentialen Bänder im Herbstholze bestehen aus Parenchym und Ersatzfasern, welche typisch sind, ferner aus engen Gefäsen mit deutlicher kreisrunder Perforation und doppelter spiraliger Streifung, endlich aus gestreckten spindelförmigen Zellen, welche von den letzteren sich durch den Mangel der Perforation unterscheiden und aus parenchymatischen Zellen zusammengesetzt scheinen, ein Umstand, der auf Thyllenbildung zurückzuführen ist.

Von praktischer Wichtigkeit ist die Unterscheidung dieser Art von *Maclura tinctoria.* Es ist dies schon dem unbewaffneten Auge möglich. Unter dem Mikroskope vermisst man den Ring grosser Gefässe und die tangentialen Binden, vielmehr sind die Gefässe ziemlich regellos zerstreut und durch den Umstand, dass sie seitlich von Parenchym umgeben sind, verrathen sie die Tendenz zur tangentialen Gruppirung.

Bei *Broussonetia* kehrt der Porenring am Anfange des Jahresringes wieder, aber man vermisst die Gefässgruppen im Spätholze, wie bei *Morus* und die tangentialen Binden von *Maclura aurantiaca* sind nur in Rudimenten angedeutet.

Die den Moreen zukommenden Elementarorgane zeigen die typischen Formen in den Gefässen, Parenchymzellen, Ersatzfasern und Libriform.

Zu erwähnen ist noch, dass die Gefässe fast ausnahmslos von Stopfzellen erfüllt sind.

Broussonetia papyrifera Vent.

Die Jahresringe sind sehr deutlich durch den breiten Porenring markirt. Kleinere Poren sind durch den ganzen Holzring zerstreut. Die Markstrahlen, dicht und fein, sind nur schwer sichtbar.

Mikroskopischer Befund: Alle Elemente sind durch geringe Verdickung ausgezeichnet. Die Zellen des Herbstholzes sind tangential abgeflacht und radial angeordnet. Die in ihnen liegenden Gefässe sind klein und von weitlichtigen Zellen umgeben, welche wenig hervortretende tangentiale Bänder bilden. Die Gefässe im Frühlingsholze stehen meist isolirt, seltener zu 2 oder 3. Ihr Lumen erreicht 0·1 Mm. Ihre Wand ist dicht, mit kreisrund behöften Tüpfeln besetzt, deren Spalte quergestellt ist. Dazu kommt noch in den kleinen Gefässen regelmässig eine spiralige Streifung. Die Gefässe sind umgeben von Parenchym, in Bündel vereinigten Ersatzfasern[1] und Tracheiden. Die ersteren sind 0·015 Mm. weit, reichlich mit Poren besetzt, welche durch grosse unbehöfte Tüpfel ersetzt sind, wo Gefässe angrenzen. Die Tracheiden haben das Lumen der Parenchymzellen und das Relief der kleinen Gefässe.

Das Libriform ist 0·009 Mm. weit, wenig verdickt, und hat gar keine oder äusserst wenige kleine Poren.

Die Markstrahlen bestehen meist aus 3—4 Reihen grosser (0·012 Mm.) Zellen, die wenig verdickt und reichlich von Poren durchsetzt sind.

[1] Sanio, Vergl. Unters. Bot. Ztg. 1863.

Das Holz dieses in China und Japan heimischen Baumes ist weich, ziemlich porös und leicht spaltbar. S ein Kern ist braun gefärbt.

Maclura aurantiaca Nutt.[1]

Fig. 15.

Die Jahresgrenze ist durch das heller gefärbte Frühlingsholz deutlich markirt. In diesem unterscheidet man in dem jüngsten Kreise zahlreiche grosse Poren. Auf dem sattgelben Grunde heben sich deutlich die zahlreichen hellen und feinen Markstrahlen ab und die sie kreuzenden welligen Binden. Mit Hilfe der Loupe erkennt man auch in den älteren Jahresringen die Poren, deren Lumen ausgefüllt ist.

Die Gefässe im Frühlingsholze sind isolirt, häufig zu zweien, und von beträchtlicher Grösse (0·13 Mm). Der Raum zwischen ihnen und den Markstrahlen wird von einem weitlichtigen Gewebe ausgefüllt. Dieses bildet in den äusseren Theilen des Jahresringes tangentiale Gruppen von am Querschnitte unregelmässig spindelförmigem Umriss. Hie und da findet man ein kleines Gefäss eingeschlossen. Die grossen Gefässe haben behöfte Spaltentüpfel und sind fast ausnahmslos von Thyllen ganz erfüllt.

Das weitlichtige Gewebe besteht zumeist aus parenchymatischen Formelementen, welche 0·012 Mm. breit und klein porös sind. Zum kleineren Theile besteht es aus Tracheiden von spindelförmigem Umriss, die, wie die Gefässe, Thyllen enthalten. Tüpfelung fehlt häufig, dagegen ist immer ein doppeltes Spiralband vorhanden.

Die Libriformfasern sind sehr lang, fein zugespitzt und von verschiedenem, 0·012 Mm. erreichendem Durchmesser. Sie sind nicht getüpfelt und zeigen die gallertartige Verdickung.

Die Markstrahlen sind 1—4 Zellen breit. Die Zellen sind dem Parenchym sehr ähnlich, nur sind sie nicht selten bedeutend breiter.

Der Kern des nord-amerikanischen Gelbholzes ist gelbbraun bis orange, wachsglänzend. Es ist als Färbeholz minder geschätzt als das folgende. Das mikrochemische Verhalten des Farbstoffes stimmt bei beiden überein.

Maclura tinctoria Don.[2] (*Broussonetia tinctoria* Kunth.).

Fig. 16 und 17.

Mit unbewaffnetem Auge erkennt man auf dem Querschnitte kaum mehr als orangegelbe Punkte auf braunem Grunde. Unter der Loupe sieht man gelbe, feine, sehr genäherte Markstrahlen und man erkennt, dass die Gefässporen ausgefüllt sind und dass sich rechts und links Parenchymzellen anlagern, so dass Gruppen von querspindelförmiger Gestalt entstehen. Die bei der vorigen durch den Ring grosser Poren deutliche Zonenbildung unterbleibt hier.

Mikroskopischer Befund: Die Gefässe stimmen in Grösse und Bau mit jenen von *M. aurantiaca* überein. Es wurde schon oben bemerkt, dass ihre Anordnung insoferne verschieden ist, dass sie keine ringförmigen Zonen bilden und kaum eine tangentiale Anordnung erkennen lassen.

Die von Gefässen unabhängigen tangentialen Bänder von Parenchym und Tracheiden kommen nicht vor, letztere fehlen überhaupt.

Die Parenchymzellen, axial gestreckt, 0·012 Mm. weit, dünnwandig, reich porös, umgeben die Gefässe in der Art, dass sie seitlich die ganze Breite des Holzstrahles einnehmen, dagegen in radialer Richtung nur wenige Zellen mächtig sind.

Das Libriform ist radial angeordnet. Es ist stärker verdickt als das Parenchym, jedoch ohne Poren und von etwas geringerem Durchmesser.

Die Markstrahlen und ihre Zellen können von der vorigen Art nicht unterschieden werden.

Die Heimat des echten Gelbholzes (Fustik) ist Central- und Südamerika und die westindischen Inseln. Das Kernholz ist ziemlich dicht und hart, leicht spaltbar und wachsglänzend von brauner bis orangegelber

[1] Vergl. Wiesner, Rohstoffe, p. 595 — und Vogl, Lotos, 1873, März.

[2] Vergl. Vogl, Unters. über den Bau etc. in „Lotos", 1873, März.

Farbe. Es sind nicht selten in ihm Spalten oder Klüfte enthalten, welche mit einer gelb gefärbten pulverigen Masse erfüllt sind. Sie besteht aus tafelförmigen und prismatischen Krystallen, die in Chloroform, Benzin und kaltem Wasser unlöslich sind. In warmem Wasser und in Äther lösen sie sich mit gelber Farbe, ebenso in Alkohol, Essigsäure und Alkalien. Die Lösungen werden durch Eisenchlorid grün gefärbt. Diese Reactionen sind ähnlich denen, welche der in den Membranen und als Inhalt der Zellen auftretende Farbstoff zeigt, wie sie von Vogl ausführlich angegeben werden.

Als färbende Bestandtheile werden die beiden krystallisirenden Körper Morin und Maclurin angesehen, über deren Eigenschaften und Zusammensetzung Hlasiwetz und Pfaundler (Journ. f. p. Chemie, Bd. 90 und 94) unterrichten.

Morus alba L.

Die Jahresringe sind durch eine breite Zone grosser Poren im Frühlingsholze deutlich geschieden.

Zwischen den feinen Markstrahlen erscheinen zahlreiche weisse Punkte. Nur an feinen Durchschnitten erkennt man mit der Loupe, dass die Gefässe, an Grösse und Menge abnehmend, bis in das Herbstholz reichen, ohne jedoch regelmässig angeordnet zu sein.

Auch im Frühlingsholze sind die Gefässe von verschiedener Weite. Die grössten erreichen 0·12 Mm. Sie sind von einem Gewebe umgeben, dessen Zellen sich vom Grundgewebe am Querschnitte dadurch unterscheiden, dass sie etwas weitlichtiger (0·012) sind, und dass ihnen die Gallertverdickung Sanio's fehlt. Auch sind sie undeutlich radial angeordnet. Dieses Gewebe kehrt in Form von tangentialen Binden durch die ganze Breite des Holzstrahles wieder. Ein oder das andere Gefäss oder eine Gruppe kleiner Gefässe wird von demselben umschlossen. Daraus erklärt sich, dass im Loupenbilde die Gefässe unregelmässig zerstreut erscheinen, und die hellen Punkte, die der Querschnitt dem unbewaffneten Auge darbietet, sind die unterbrochenen Reihen weitlichtiger Zellen, welche die sehr genäherten Markstrahlen verbinden. Die Gefässwand ist dicht mit rundlichen Tüpfeln (0·006 Mm.) besetzt, deren Spalte quer gestellt ist. Die kleinen Gefässe sind immer, die grossen nur selten spiralig gestreift.

Das Gewebe, welches die Gefässe umgibt und tangentiale Bänder bildet, besteht aus Parenchym, dem einige Ersatzfasern und Tracheiden beigemischt sind. Die parenchymatischen Zellen sind nur da, wo sie an Gefässe grenzen, mit grossen (0·004 Mm.) unbehöften Tüpfeln besetzt. Die Tracheiden stimmen im Bau mit den kleinen Gefässen überein.

Im Libriform ist die gallertartige Verdickung deutlich abgegrenzt. Es bildet die Grundmasse des Holzes.

Die Markstrahlen sind 1—4, meist 3 Zellen breit. Ihr Verlauf ist durch die Gefässe häufig abgelenkt. Ihre Zellen sind wenig verdickt, porös und enthalten reichlich grosse rhomboëdrische Krystalle oder Drusen.

Morus nigra L.

Der Querschnitt ist einigermassen von dem vorigen verschieden. Die Poren im Sommer- und Frühlingsholze sind bedeutend grösser, und die hellen Punkte viel spärlicher zerstreut.

Mit Hilfe des Mikroskopes lässt sich das Holz sicher von *Morus alba* unterscheiden. Alle Elemente sind grösser.

Durchmesser der Gefässe	0·135 Mm.	
„ „ Parenchymzellen .	0·02 „	
„ „ Libriform	0·012 „	
„ „ Markstrahlzellen .	0·015 „	sogar 0·04 Mm.

Die Gefässe im Sommer- und Herbstholze stehen in Gruppen und sind nur von wenigen weitlichtigen Zellen begleitet, so dass eine tangentiale Anordnung kaum angedeutet ist.

Im Baue unterscheiden sich die Elemente nicht, nur ist die spiralige Streifung der Gefässe seltener.

ARTOCARPACEAE [1].

Die Gattung *Ficus* findet man einmal unter den Artocarpeen, das andere Mal unter den Moreen, ja sogar als selbständige Ordnung untergebracht.

Der Bau des Holzes stellt sie in Verwandtschaft mit den Moreen und speciell mit *Maclura tinctoria*. Die Gefässe haben dieselbe Anordnung, nur sind ihre Tüpfel meist unbehöft. Die tangentialen Bänder von Parenchym sind regelmässig, nur von den Markstrahlen unterbrochen. Die Elemente sind weiter und dünnwandiger, obwohl in dieser Beziehung zwischen den Arten grosse Unterschiede vorkommen.

Einen ganz und gar fremden Typus des Baues haben *Cecropia* und *Artocarpus*. Die vollkommene Gleichartigkeit des Grundgewebes am Querschnitte, der Mangel jeder tangentialen Anordnung, die rundlichen, regellos zerstreten, seltener in Gruppen vereinigten Gefässe sind beiden Gattungen gemeinschaftlich, und lassen sie auf den ersten Blick erkennen. Die Zellformen, welche das Gewebe zusammensetzen, und ihre Vertheilung zeigen auch grosse Übereinstimmung. Ausser den Gefässen kommen nur Parenchymzellen und ein relativ dünnwandiges Libriform vor. Die Parenchymzellen umgeben in einer dünnen Schichte die Gefässe, welche bei *Cecropia* in grösserer Menge vorhanden sind als bei *Artocarpus*. Bei jener sind auch die Libriformfasern viel weitlichtiger, das Holz daher leicht, schwammig.

Die Markstrahlen sind 1—4 Zellen breit. Ihre Zellen bei *Cecropia* sind in radialer Richtung nicht gestreckt, fast regelmässig quadratisch und sehr gross. Bei *Artocarpus* zeigen sie diese Abweichung von der Regel nicht. Ihre Länge übertrifft die Breite um das 3—4fache, nur die Grenzzellen der Markstrahlen nach oben und unten nehmen häufig die Form jener von *Cecropia* an.

Cecropia peltata Willd. (*Cecropia Ambaiba* Adans.).

Fig. 18 und 19.

Der Querschnitt ist deutlich geringelt. Schon mit freiem Auge erkennt man zahlreiche feine, helle Markstrahlen und wenige, regellos zerstreute Gefässporen.

Die Grundmasse des Holzes besteht aus grossen (0·03 Mm.) verzogen viereckigen oder unregelmässigen, dünnwandigen Zellen, unter welchen isolirte, selten zu kleinen Gruppen vereinigte Gefässe zerstreut sind. Diese sind bis 0·15 Mm. weit, und ihre Wand trägt grosse quergestellte Tüpfel, die bei einer Höhe von 0·04 Mm. von der Breite um das 6fache übertroffen werden, oder die etwa isodiametrischen Tüpfel (0·009 Mm.) mit Querspalte berühren und flachen einander ab. In einigen Gefässen kommt auch eine tertiäre Verdickung vor, in welcher lange, mehrere Tüpfel verbindende Spalten frei bleiben.

Wie schon bemerkt, erscheinen die Zellen am Querschnitte durchaus gleichartig, der Längsschnitt belehrt darüber, dass die Gefässe von einem Mantel von Parenchymzellen umgeben sind, die, axial gestreckt, häufig auch quadratisch und von zahlreichen kleinen Poren durchbohrt sind.

Das Zwischengewebe besteht aus weiten, dünnwandigen, prosenchymatischen Zellen mit spärlichen Poren.

Die Markstrahlen sind 1—3 Zellen breit und etwa bis 20 Zellen hoch. Die Zellen sind dadurch ausgezeichnet, dass sie in radialer Richtung kaum gestreckt sind, und dass ihre verticale Dimension die anderen

---

[1] Bijdrage tot de Kennis der Houtanatomie. Academisch Proefschrift door J. G. Boerlage. Leiden, 1875.

Es werden folgende Arten beschrieben:

Urostigma cuneatum Miq., *U. rubescens* Miq., *U. obtusifolium* Miq., *U. Karet* Miq., *U. lucescens* Miq., *U. clusioides* Miq., *U. religiosum* Gasp., *U. infectorium* Miq., *U. haematocarpum* Miq., *U. involucratum* Miq., *U. annulatum* Miq., *U. procerum* Miq., *U. chrysostryx* Miq., *U. sundaicum* Miq., *U. microcarpum* Miq., *U. giganteum* Miq., *U. benjamineum* Miq., *Covellia lepicarpa* Miq., *C. leucopleura* Miq., *C. glomerata* Miq., *Ficus variegata* Bl., *Streblus aspera* Lour., *Sloetia sideroxylon* Teijsm. en Binnend., *Morus Indica* Rumph., *Antiaris toxicaria* Lesch., *Artocarpus integrifolia* L., *A. rigida* Bl., *A. foeniformis*, *A. glauca* Bl., *A.* sp. Jul. Ben. Tjempedak, *A. Blumei* Trèc., *A.* sp. Jul. Ben. Tjoebadak, *A.* sp. Jul. Ben. Moumbie, *A variants* Miq.

an Grösse übertrifft. Sonst gleichen sie den parenchymatischen Zellen auch in Beziehung auf den Inhalt, der aus gelben, stark lichtbrechenden Tröpfchen besteht.

Der in Brasilien einheimische Baum liefert Kautschuk. Das Holz von blassröthlicher Farbe ist weich, schwammig und dient den Eingebornen zum Feuermachen durch Reiben (Duchesne, Repertoire) und zur Darstellung von Laugensalz (Rosenthal, Syn. pl. diaph.).

Artocarpus integrifolius L. (*Artocarpus Iaca* Lamk.).

Auf dem Querschnitte sind deutlich die scharf gezeichneten dünnen Markstrahlen und unregelmässig zerstreute gelbe Punkte zu sehen. Unter der Loupe erscheinen diese als Gefässporen, welche von einem gelben Hofe umgeben sind. Der Längsschnitt ist schön gelb seidig glänzend.

Die Gefässe sind meist nur 0·075 Mm. weit, doch kommen auch welche vor, deren Lumen 0·15 Mm. misst. Isolirt oder zu zweien vereinigt, ist ihre Anordnung durchaus regellos. Ihre Wand ist dicht mit behöften Spaltentüpfeln besetzt. Das sie einhüllende Parenchym ist bei 0·018 Mm. weit, ziemlich verdickt und reich porös. An der den Gefässen zugekehrten Seite erreichen die Tüpfel sogar 0·009 Mm.

Die Libriformfasern sind an Weite und Verdickung von den Parenchymzellen nicht wesentlich verschieden, doch kommen auch bedeutend dünnere Fasern vor.

Ihre Poren sind klein und spärlich. Sie bilden die Grundmasse des Holzes, in welcher nur hie und da eine Parenchymzelle eingeschlossen ist.

Die Markstrahlen sind ein- bis vierreihig. Ihre Zellen sind bedeutend gestreckt und nur 0·012 Mm. weit, dünner als das umgebende Gewebe.

Die meisten Parenchym- und viele Markstrahlzellen enthalten eine gelbe, körnige, harzartige Substanz.

Das Holz des im Sunda-Archipel wild wachsenden Brotfruchtbaumes ist hellgelb, ziemlich hart und schwer, und wird als feines Nutzholz geschätzt [1]. In Brasilien wird es als Jacqueiraholz cultivirt (Wittmack).

Ficus Bengalensis Linn. [2]

Der Querschnitt zeigt auf dunkelbraunem Grunde unterbrochene, tangentiale heller gefärbte Binden und zahlreiche feine Markstrahlen. Unter der Loupe erscheinen noch Gefässe in geringerer Zahl und regellos zerstreut.

Das Mikroskop bestätigt diesen Befund: Stark verdickte und weitlichtige Zellgruppen wechseln mit einander ab, wobei die Bänder der ersteren etwa die doppelte Breite einnehmen. Die Gefässe, isolirt oder zu zweien, sind meist in den Verlauf der Parenchymbänder eingeschlossen, oder sind an diese angelagert und ragen in die Libriformschichte hinein, in welchem Falle sie von einer Reihe von Parenchymzellen umgeben sind. Die Gefässe sind 0·15 Mm. weit und von Thyllen meist erfüllt; ihre Wand ist mit grossen (0·004 Mm. breit, 0·015 Mm. lang) quer-elliptischen oder spaltenförmigen unbehöften Tüpfeln besetzt. Die sie umgebenden und die tangentialen Bänder bildenden Zellen bestehen aus Parenchym und aus Tracheiden. Sie sind mehr oder weniger axial gestreckt, bis 0·025 Mm. weit und stossen mit horizontalen oder wenig geneigten Querwänden an einander. Sie sind ebenso, nur kleiner getüpfelt, wie die Gefässe.

Die Libriformfasern sind etwas dünner, scharf zugespitzt und von wenigen schief gestellten Spalten durchbohrt.

Die Markstrahlen sind 1—3, selten 4 Zellen breit. Die Zellen sind nur mässig verdickt und ziemlich reich porös.

Der Stamm dieses Baumes erreicht einen Durchmesser von 8—9 Fuss, und sein weit ausgebreitetes Geäste kann 20.000 Mann beschatten. Das Holz ist leicht und porös.

---

[1] Vergl. Heber Drury, The useful plants of India. Madras, 1858.

[2] Heber Drury, Useful plants of India. Madras, 1858.

PLATANACEAE.

Platanus occidentalis L.

Fig. 20.

Die Jahresringe sind undeutlich, die dicht stehenden hellen Markstrahlen sehr deutlich zu sehen. Unter der Loupe erkennt man zahlreiche feine Poren, welche nur in der äussersten Herbstholzregion fehlen.

Der Querschnitt zeigt unter dem Mikroskope ein sehr derbwandiges Grundgewebe ohne regelmässige Anordnung, in welchem zahlreiche isolirte, oder einander berührende Gefässlumina von unregelmässiger Form zerstreut sind. Die Weite der Gefässe variirt nicht bedeutend und beträgt im Mittel 0·03—0·04 Mm. Ihre Scheidewand ist leiterförmig durchbrochen und die elliptisch behöften Spaltentüpfel (0·005—0·009 Mm.) sinf fast horizontal gereiht.

Parenchym findet sich nur in geringer Menge in der Nähe der Gefässe. Es ist sehr stark verdickt und von zahlreichen punktförmigen Poren durchsetzt.

Die Tracheiden sind eine faserförmige Modification der Gefässe.

Das Libriform, quantitativ die übrigen Elemente weit übertreffend, besteht aus langen, scharf zugespitzten Fasern mit dünnen Spalten.

Die Markstrahlen sind häufig 4—6reihig. Die Zellen sind radial bedeutend gestreckt, 0·012 Mm. weit und sparsam getüpfelt.

Das Holz der aus Nord-Amerika stammenden Platane ist hart und ziemlich schwer; es liefert ein gutes Nutzholz, das im Handel „Button-wood" genannt wird (Pursh, Fl. amer. sept.).

Liquidambar orientalis Mill.

Fig. 21.

Jahresringe sind gar nicht, Markstrahlen nur schwer sichtbar. Unter der Loupe sieht man, über die ganze Fläche gleichmässig zerstreut, zahlreiche, nahezu gleich grosse Gefässporen.

Die Gefässe stehen oft in radialen Reihen, und ihr Lumen von gerundet rechteckiger Gestalt misst im Mittel 0·03 Mm. Ihre Wand trägt behöfte Spaltentüpfel, und sie grenzen durch leiterförmig durchbrochene Scheidewände an einander. Auch das Grundgewebe zeigt eine radiale Anordnung; es besteht aus grossen (·0018 Mm.) viereckig abgeplatteten, stark verdickten (0·006 Mm.) von Porencanälen durchsetzten Zellen. Parenchymzellen, Tracheiden, Libriform unterscheiden sich nicht von denen der Platane, nur enthalten viele von ihnen eine gelbe harzartige Masse.

Die Markstrahlen sind ein- bis vierreihig. Die Zellen sind stark verdickt, ihr Lumen sehr schwankend (0·01—0·02 Mm.) und, wo sie mit der Tracheidformation communiciren, mit grossen, unbehöften Tüpfeln besetzt.

Das Holz ist ziemlich hart, sehr gleichmässig, wohlriechend, von röthlicher Farbe. Es wird aus demselben *Ol. ligni Rhodii* bereitet (Rosenthal, Syn. pl. diaph.), und als „Rosenholz" dient es zu den feinsten Tischlerarbeiten (Duchesne, Rép. des pl. utiles).

Liquidambar Altingiana Bl., auf Java Rasamala genannt, liefert ein feines, hartes, braunes, balsamisch riechendes Holz (Junghuhn, Java).

SALICINEAE.

Der hervorragendste Charakter der Gattungen *Salix* und *Populus*, welche von einander histologisch kaum zu trennen sind, besteht darin, dass ihre Markstrahlen stets einreihig sind, und dass ihre relativ engen Gefässe durch die ganze Breite des Jahrringes regellos zerstreut sind, gegen das Herbstholz wohl an Grösse, nicht aber an Menge abnehmend. Es fehlt ferner jeder Zusammenhang zwischen den überaus spärlichen Parenchymzellen und den Gefässen, deren Scheidewände vollkommen resorbirt, die Tüpfelhöfe häufig zu Sechsecken abgeflacht oder zu einem dünnen Saum um den weiten Tüpfelcanal reducirt sind. Erst nach Isolirung der Elemente kann man die wetzsteinförmigen Tracheiden erkennen, welche im Herbstholze die Gefässe vertreten, mit denen sie übrigens die Tüpfelung gemein haben.

Die Libriformfasern bieten keine besonderen Eigenthümlichkeiten.

An den Zellen der Markstrahlen ist vorzüglich zu beobachten, wie durch die Nachbarschaft der Gefässe die Tüpfelung modificirt wird.

Sanio gibt für die elementare Zusammensetzung des Weiden- und Pappelholzes die Formel $(hp+r)+l+(t+G)$.

Salix triandra L.

Die breiten Jahresringe sind deutlich abgegrenzt. Selbst mit Hilfe der Loupe erkennt man kaum Markstrahlen, dagegen ungemein zahlreiche Gefässporen, welche gegen die Herbstzone kleiner werden.

Die Zahl der Gefässe nimmt im Herbstholze nicht ab, nur ihre Grösse verringert sich etwa um die Hälfte. Das Lumen der grössten Gefässe im Frühlingsholze überschreitet nicht 0·045 Mm. Im Übrigen stehen sie sehr dicht, isolirt oder zu kleinen Gruppen vereinigt. Ihre Wand ist mit 0·006 Mm. grossen etwas in die Quere gezogenen Tüpfeln besetzt, welche einander fast berühren oder der Tüpfelhof nimmt eine sechseckige Gestalt an. Das zwischen die Gefässe gelagerte Gewebe besteht aus 0·012 Mm. weiten Libriformfasern mit spärlichen Spaltentüpfeln.

Die Markstrahlen sind immer einreihig. Ihre Zellen, radial bedeutend gestreckt, haben dieselbe Weite und Dicke wie die Libriformfasern. Sie sind reichlich von kleinen Poren durchsetzt, nur mit den Gefässen communiciren sie durch grosse unbehöfte Tüpfeln.

Salix babylonica L.

kann histologisch von der vorigen nicht unterschieden werden.

Nördlinger (Querschnitte) unterscheidet folgende Arten:

1. Mit mehr oder weniger welligem Verlauf der Holzringe und mit Markfleckchen: *Salix alba, caprea, triandra,* ohne Markfleckchen: *Salix daphnoides, fragilis.*

2. Mit regelmässigem Verlauf der Holzringe und mit Markfleckchen: *Salix aurita,* ohne Markfleckchen: *Salix arbuscula, viminalis.*

Das Holz der Weiden ist weich, glänzend und ziemlich dauerhaft.

Populus nigra L., *Populus balsamifera* L., *Populus canadensis* Desf., *Populus Tremula* L.

Fig. 22.

Weder makroskopisch noch mikroskopisch bin ich im Stande verlässliche Merkmale aufzufinden um diese Arten von einander oder von *Salix* zu unterscheiden.

Nördlinger schreibt der Gattung *Populus* dendritisch verzweigte Porenvertheilung zu. Ich kann diese nicht finden. Nur an einigen Stellen bleiben V förmige Figuren von Gefässporen frei und dadurch entsteht eine entfernt an Eichengetäfel erinnernde Zeichnung.

Das Holz der Pappeln ist weich, hellgelblich, bei einigen Arten ist der Kern in verschiedenen Nuancen braun.

POLYGONACEAE.

Coccoloba laurifolia Jacq.

Fig. 23.

Die Jahresringe sind nicht deutlich erkennbar. Markstrahlen treten selbst unter der Loupe nicht hervor, der Querschnitt erscheint wie mit zahlreichen weissen Pünktchen bestreut.

Die spärlichen, relativ kleinen (0·03—0·06 Mm.) aber dickwandigen Gefässe setzen sich oft zu kurzen radialen Reihen zusammen. Ihre Wand ist dicht mit kleinen, behöften Spaltentüpfeln besetzt. Das Grundgewebe besteht aus ziemlich stark verdicktem, im Mittel 0·015 Mm. weitem Libriform von der einfachen und von der gefächerten Abart. Sie haben ziemlich viele sehr schief gestellte Spalten.

Ein vorzüglicher Character dieser Gattung sind die im Gewebe zerstreuten Krystallkammerfasern.

Auf Querschnitten unterscheiden sie sich von den Libriformfasern durch ihre grössere Weite selbst dann, wenn der grosse, das Lumen meist ganz erfüllende Einzelkrystall herausgefallen sein sollte. An Längsschnitten, besser isolirt, erweisen sie sich aus vertical über einander stehenden rechteckigen Zellen zusammengesetzt, deren Endzellen zugespitzt sind, so dass der Gesammtcontour spindelförmig ist. Es kommen sonst keine parenchymatischen Elemente vor. Die engen Gefässe sind häufig nicht perforirt.

Die Markstrahlen sind immer einreihig, wellig hin und hergebogen. Ihre Zellen sind häufig etwas weitlichtiger als die Libriformfasern und bieten keine nennenswerthen Eigenthümlichkeiten dar.

Ausser den schon erwähnten grossen Krystallen, welche dem monoclinischen Systeme angehören, ist als Inhalt der Markstrahlzellen eine braungelbe, glänzende, auf Gerbstoff nicht reagirende Masse anzuführen, Alle Zellwände sind farblos.

Das Holz der aus Caracas bekannten *Coccoloba laurifolia* ist von braun-röthlicher Farbe, fein, hart und schwer spaltbar.

Das Holz der mexicanischen *Coccoloba pubesceus* L. liefert eine Art Eisenholz (Rosenthal, Syn.). *Coccoloba uvifera* L. liefert ein dunkel rothbraunes hartes und schweres Holz. Die Jahresringe sind verwischt und die Markstrahlen sind nur schwer erkennbar.

Im Bau stimmt es mit *Coccoloba laurifolia* Jacq. überein, nur sind die Krystallkammerfasern in geringer Menge vorhanden und ausser den Markstrahlen sind auch die meisten Libriformfasern von einer homogenen, braun-rothen Masse erfüllt, welche von heissem Wasser und Alkohol mit schön rother Farbe zum grossen Theile gelöst wird. In der Lösung ist Gerbstoff nicht nachweisbar. Concentrirte Säuren und Alkalien geben eine dunkelbraune Lösung.

Das Holz dient zum Roth färben und die eingedickte wässerige Lösung desselben liefert das falsche Jamaika-Kino (Duchesne).

NYCTAGINACEAE.

Wie in der Anordnung und im Bau der Elemente *Nyctaginia* und *Pisonia* die grösste Übereinstimmung zeigen, so kommt beiden auch eine eigenthümliche Art der Desorganisation zu. Man trifft am Querschnitte in nahezu gleichen Abständen querelliptische oder nierenförmige (nach aussen convexe) Hohlräume, welche am Längenschnitte sich als mehrere Centimeter lange Canäle verfolgen lassen. Sie verdanken ihre Entstehung offenbar einer Zerstörung von Zellen. Es beweisen dies nicht allein die spärlichen, stark verdünnten Reste von Zellmembranen, welche der Raum beherbergt, sondern namentlich die den Canal begrenzenden Zellen lassen den allmäligen Schwund ihrer Wände deutlich verfolgen. Von allen bekannten Formen, in denen die Desorganisation aufzutreten pflegt unterscheidet sich diese 1. durch die grosse Regelmässigkeit der Vertheilung, 2. durch die Ähnlichkeit der zerstörten Partien in Form und Umfang, 3. durch den Mangel der Producte, welche aus den Zellmembranen hervorgegangen sein müssen.

Wenn die rückschreitende Metamorphose von bestimmten Gewebselementen ihren Ausgang nimmt und es sind diese typisch angeordnet, dann werden auch die desorganisirten Partien im Grundgewebe regelmässig vertheilt sein. Wenngleich die im Canal vorfindlichen Zellfragmente mitunter ein parenchymatisches Gefüge zu haben scheinen [1], so fehlen doch sichere Anhaltspunkte um über die Natur der zerstörten Zellen etwas auszusagen. Es ist möglich, dass zunächst Parenchymgruppen zerstört wurden und dass Gefässe und Libriform später folgten.

Die Thatsachen liefern keine Belege für diese Annahme aber sie drängt sich auf, wenn man sieht, wie regelmässig die desorganisirten Partien im Grundgewebe vertheilt sind, wie sie einander in den Contouren und in der Grösse gleichen. Sie sind elliptisch oder nierenförmig, die grosse tangentiale Achse ist doppelt so gross (0·3 Mm.) wie die kleine radiale (0·15 Mm.), ohne Ausnahme ist die äussere Fläche convex, die innere mehr oder weniger concav.

[1] Die übrigens von den die Hohlräume durchsetzenden Markstrahlen herrühren können.

Die Desorganisation findet in den älteren und jüngeren Theilen des Holzes in gleicher Weise statt und breitet sich über die oben angeführten Grenzen nicht aus. Form und Umfang der Hohlräume sind überall gleich, sie fliessen niemals zusammen. Schon diese Umstände sprechen dagegen, ihre Bildung für pathologisch zu halten.

Es fehlen aber auch die Producte der rückschreitenden Metamorphose. In den Hohlräumen findet man ausser farblosen, stark verdünnten Zellenfragmenten nichts. Die Membranen scheinen in eine assimilirbare Substanz verwandelt zu werden.

Nyctaginia sp.

Der Querschnitt ist zierlich durch regelmässig vertheilte helle Pünktchen gefeldert. Diese werden mit Hilfe der Loupe als von einem schwammigen Gewebe ausgefüllte oder hohle Räume erkannt, deren Form querelliptisch oder nierenförmig mit nach aussen gerichteter Convexität ist. Nach innen schliesst sich an den Hohlraum eine radial gestreckte Gruppe kleiner Poren an. Die Markstrahlen sind sehr zart.

Die Gefässe sind von nahezu gleicher Grösse (0·036 Mm.), stark verdickt, klein getüpfelt. Die Anordnung des Parenchyms ist dieselbe wie bei *Pisonia*. Die Elemente sind breiter (0·025 Mm.) aber ebenso oft mit conjugirenden Fortsätzen versehen.

In den Libriformfasern ist die nicht verholzte innerste Verdickungsschichte deutlich erkennbar.

Die Hohlräume sind 0·3 Mm. breit, in radialer Richtung messen sie nur 0·15 Mm. Man sieht in ihnen stark verdünnte Zellmembranen in grösserer oder geringerer Menge, aber man vermisst irgend eine Substanz, welche auf Kosten der Zellwand entstanden sein mag. Die Zellen, welche den Raum begrenzen, zeigen den Schwund der Membranen in allen Übergängen.

Die Markstrahlen sind ein- oder zweireihig.

Pisonia nigricans Sw.

Der Querschnitt ist mit gleichmässig vertheilten hellen Punkten besetzt, welche unter der Loupe die Gestalt eines Hutpilzes nachahmen, indem an einen nierenförmigen, nach aussen convexen Hohlraum eine radial gestreckte Gruppe kleiner Poren sich nach Art eines Stieles anlegt. Die Markstrahlen sind sehr fein.

Die radialen Porengruppen bestehen aus etwa 0·045 Mm. weiten Gefässen und engeren Tracheiden. Sie sind stark verdickt und dicht mit kleinen Tüpfeln besetzt. Ausserhalb dieser Gruppen kommen keine Gefässe vor.

Das Vorkommen des Parenchyms ist auf die Umgebung der Gefässe beschränkt. Die Zellen und Ersatzfasern sind 0·01—0·015 Mm. breit, ungewöhnlich grossporig und oft conjugirend. Die Libriformfasern sind ebenso breit, aber beträchtlich verdickt und häufig verästigt.

Die Hohlräume entstehen im Grundgewebe durch Resorption der Zellwände, deren Reste vorfindlich sind.

Die Markstrahlen sind 1—2 reihig. Die Zellen sind feinporig, in axialer und radialer Richtung gestreckt, in tangentialer Richtung degegen sehr enge.

Ein kleiner auf den westindischen Inseln heimischer Baum mit hellgelbem, sehr hartem Holze.

LAURACEAE.

Die Gefässe sind durch zweierlei Tüpfelbildung ausgezeichnet[1]: kleine rundliche behöfte und grosse quergestellte Lochtüpfel, welche an Schnitten leicht mit leiterförmig durchbrochenen Querwänden verwechselt werden können. Diese habe ich aber nur bei *Litsaea glauca* gefunden. Die Gefässe sind einerlei Art, nur bei *Sassafras* sind sie im Herbstholze bedeutend kleiner. Die Verschiedenheiten im Lumen sind übrigens bedeutend. Die grössten bei *Licaria* messen 0·15, die engsten bei *Cinnamomum* 0·04 Mm. Sie stehen isolirt oder

---

[1] Auch eine *Nectandra* sp., welche Wiesner (Rohstoffe) beschreibt.

in kurzen radialen Reihen und in ihrer Anordnung ist keine Regelmässigkeit wahrnehmbar. Das sie umgebende parenchymatische Gewebe ist in verschiedener Mächtigkeit entwickelt. Beim Lorbeer ist seine Menge verschwindend klein, beim Zimmt verbindet es häufig zwei Nachbargefässe, aber es kommt bei keiner Art zu einer deutlichen tangentialen Bänderung. Das Libriform ist im Allgemeinen stark verdickt und mehr oder minder deutlich radial angeordnet. Die gefächerte Form der Fasern kommt bei *Licaria* vor.

Die Markstrahlen sind 1—4 Zellen breit und von mittlerer Höhe. Sie haben keine charakteristische Eigenthümlichkeit.

Cinnamomum zeylanicum Breyn.

Die Jahresringe sind nur angedeutet. Die zahlreichen feinen Markstrahlen sind deutlich. Unter der Loupe sieht man zerstreute kleine Poren und abwechselnd helle und dunkle Bänder, welche häufig unterbrochen sind und ihre Richtung ändern.

Die isolirten oder in Gruppen vereinigten Gefässe sind von Parenchym umgeben, welches sich mit dem Parenchym der Nachbargefässe vereinigt und so unregelmässige tangentiale Bänder bildet. Das Lumen der Gefässe beträgt im Mittel 0·040 Mm., ihre Wand ist dicht mit elliptisch behöften 0·004 Mm. breiten Spaltentüpfeln, stellenweise auch mit unbehöften bis zu 0·024 Mm. breiten Tüpfeln besetzt. Die Parenchymzellen haben relativ grosse Poren. Ausser in der Umgebung der Gefässe kommen sie auch radiale Reihen bildend vor. Sie sind weiter und dünnwandiger als die Libriformfasern, welche in undeutlich radialer Anordnung das Zwischengewebe bilden. Ihr Durchmesser beträgt 0·012 Mm. und ihre Wand ist nur spärlich von Poren durchsetzt.

Die Markstrahlen sind 1—3reihig, die Dimensionen ihrer reich getüpfelten Zellen verschieden. Bei den inneren prävalirt meist die radiale Ausdehnung, während die äusseren Rechtecke bilden mit grösster verticaler Seite. Das Lumen aller übertrifft das der Libriformfasern.

Cinnamomum Cassia Blume.

Der parenchymatische Antheil des Gewebes tritt in den Hintergrund. Er umgibt zwar die Gefässe aber nicht in solcher Menge, dass er mit der benachbarten Gruppe in Verbindung tritt. Es werden demnach keine Bänder gebildet. Die Gefässe sind nur selten zu Gruppen vereinigt, in ihrem Baue aber mit der vorigen übereinstimmend, wie alle übrigen Elemente. Die Libriformfasern sind durchwegs Breitfasern und stehen in regelmässigen radialen Reihen.

Der Zeylon- wie der chinesische Zimmt haben ein feines, dichtes und ziemlich hartes Holz von schön brauner Farbe.

Persea gratissima Gaertn. (*Laurus Persea* L.).

Die Poren sind schon mit unbewaffnetem Auge deutlich sichtbar. Die Markstrahlen sind fein, die Jahresgrenze angedeutet. Unter der Loupe erscheinen die meisten Gefässe von einem hellen, gelben Hof umgeben.

Mikroskopischer Befund: Der Typus des Baues ist derselbe wie beim Zimmt. Die Gefässe sind weiter (0·09 Mm.), das umgebende Parenchym aber spärlicher. Die wichtigste Eigenthümlichkeit bieten die Libriformfasern dar. Sie haben eine mächtige tertiäre Verdickungsschichte (Sanio's gallertartige Verdickung), welche mit Chlorzinkjod schön fleischfarbig wird.

Der im tropischen Amerika heimische Advogato- auch Agnacatebaum wird wegen seiner Früchte häufig cultivirt. Das Holz ist von unscheinbar brauner Farbe, hart und schwer.

Sassafras officinale Nees. (*Laurus Sassafras* L.).

Die Jahresgrenze ist dem unbewaffneten Auge durch einen breiten porösen Ring markirt.

Die Markstrahlen sind sehr fein und genähert. Unter der Loupe erscheinen sie leicht geschlängelt, und zwischen ihnen erkennt man auf dunkelbraunem Grunde hellere Flecken. Der poröse Ring wird in seine Elemente aufgelöst, und in den hellen Flecken im Herbstholze entdeckt man mit Mühe einige Gefässporen.

Die Gefässe sind zumeist in radiale Reihen gruppirt. Im Frühlingsholze bis zu 0·12 Mm. weit, werden sie plötzlich kleiner und messen in der Herbstgrenze nur 0·015 Mm. Sie sind auffallend kurzgliederig und haben die den Laurineen eigenthümliche Tüpfelung. Die Parenchymzellen umgeben die Frühjahrsgefässe nicht allseitig und sind in grösserer Menge im Herbstholze. Sie sind bedeutend verdickt und mit zahlreichen Poren besetzt.

Die Libriformfasern sind am Querschnitte von unregelmässigem Umriss und die radiale Anordnung ist sehr verwischt.

Die Markstrahlen sind 1—3reihig. Die Zellen sind radial bedeutend gestreckt, im Lumen nahezu gleich mit dem Libriform (0·015 Mm.) und reich porös.

Der Sassafraslorbeer ist in Nord-Amerika heimisch. Das Holz ist hart, schön zimmtbraun und soll der Wolle eine dauerhafte orange Farbe geben (Duchesne) und zur Darstellung eines ätherischen Öles benützt werden.

Laurus nobilis L.

Am Querschnitte erkennt man wellige Jahresringe, sehr feine Markstrahlen und zerstreute helle Pünktchen, welche sich unter der Loupe als das die kleinen Gefässporen umgebende Gewebe erweisen.

Die Gefässe sind zerstreut, isolirt oder in kurzen radialen Reihen. Ihr Lumen schwankt nur innerhalb kleiner Grenzen und übersteigt nicht 0·045 Mm. Die behöften, wie die Lochtüpfel sind kleiner als bei den vorigen.

Man findet nur äusserst wenige axial gestreckte, poröse Parenchymzellen, daher nicht die Spur einer tangentialen Bänderung.

Das Libriform ist nicht überall deutlich radial gereiht. Die Fasern sind 0·012 Mm. weit, ziemlich stark verdickt, am Querschnitte vom Parenchym kaum zu unterscheiden und von einfachen, sehr kleinen Poren durchbohrt.

Die Markstrahlen sind 1—3reihig, ihre Zellen weit (bis 0·03 Mm.) und reich getüpfelt.

Der Lorbeer ist in Klein-Asien heimisch, jetzt aber durch das ganze Mediterrangebiet verbreitet. Er liefert ein ausgezeichnet gleichmässiges, hellbraunes, hartes Holz.

Lindera Benzoin Bl. (*Laurus Benzoin* L.).

Cinnamomum Camphora N. (*Laurus Camphora* L.).

Die Untersuchung zweijähriger Herbarexemplare zeigt die vollkommene Übereinstimmung des Baues dieser beiden unter einander und mit *Laurus nobilis.*

Litsaea glauca Sieb.

Das Holz dieses japanesischen Strauches ist vom Lorbeer makroskopisch nicht zu unterscheiden. Aber auch unter dem Mikroskope ist die Ähnlichkeit überaus gross, und eine wesentliche Abweichung habe ich nur darin gefunden, dass die Querwände der Gefässe hier häufig leiterförmig durchbrochen sind.

Licaria sp.

Fig. 24.

Die Jahresringe sind kaum angedeutet.

Schon mit unbewaffnetem Auge erkennt man die von einem kleinen gelben Hofe umgebenen Poren, und auf dunkelbraunem Grunde zahlreiche, helle, feine Markstrahlen.

Die Gefässe, isolirt oder in kurzen radialen Reihen stehend, sind nicht selten 0·15 Mm. weit und von Parenchymzellen mit sehr verschiedenem Lumen, aber nicht allseitig, umgeben. In tangentialer Richtung sind die Parenchymgruppen grösser, und wo das Gefäss an einen Markstrahl grenzt, setzt sich das Parenchym in den nächsten Holzstrahl fort. Das Parenchym ist axial gestreckt, bis 0·036 Mm. weit, porös und bedeutend dünnwandiger als das Libriform. Dieses ist aus einfachen und gefächerten Fasern zusammen-

gesetzt, 0·018 Mm. breit, wovon zwei Drittel (0·012 Mm.) auf die Verdickung entfallen. Es kommen aber auch bedeutend dünnere Fasern vor (0·006 Mm.), deren Lumen fast ganz verschwunden ist. Die Poren sind sehr klein, fehlen häufig ganz.

Die meisten Markstrahlen bestehen aus zwei Reihen radial gestreckter Zellen, von denen die äusseren 0·03, die inneren 0·015 Mm. breit sind.

Die mir vorliegende Holzprobe ist ein Object der Ausstellung 1873 aus Guyana, stammt also wohl von *Licaria Guyanensis* Aubl. Es ist von gelber Farbe, ziemlich hart und schwer, schlecht spaltbar. Wegen seines Rosengeruches (alte Stämme, Duchesne) dient es als Kosmeticum und als Kunstholz.

SANTALACEAE.

Santalum album L.[1] (*Santalum myrtifolium* Wall.).

Fig. 25.

Die welligen Jahresringe sind auf dem Querschnitte dunkel markirt. Markstrahlen, sowie zahlreiche helle Pünktchen werden erst unter der Loupe kenntlich.

Die Gefässe, regellos zerstreut, stellenweise auch radiale Reihen bildend, haben einen mittleren Durchmesser von 0·03 Mm., erscheinen aber auf dem Querschnitte häufig bedeutend enger, ja sind von den Libriformfasern nicht zu unterscheiden, weil sie ganz eigenthümlich geformt sind. Der cylindrische Körper verjüngt sich an beiden Enden plötzlich und endigt in eine seitlich angefügte stumpfe Spitze, an deren Grunde das Gefäss perforirt ist. Die Wand trägt zahlreiche, sehr kleine behöfte Tüpfel. Sie enthalten häufig gelbes Harz.

Die Libriformfasern haben einen rundlichen Querschnitt, dessen Durchmesser 0·015 Mm. misst, wovon nur 0·006 Mm. auf das Lumen entfallen. Sie sind spärlich porös.

Die Markstrahlen sind immer einreihig. Die Zellen sind nur unbedeutend radial gestreckt und eben so weit wie das Libriform. Es kommen aber auch Markstrahlen vor, deren Zellen bei einer radialen Breite von 0·024 Mm. eine verticale Dimension von 0·1 Mm. erreichen.

Alle Elemente sind aussergewöhnlich verdickt, und die Porencanäle verleihen der Wand häufig ein zackiges Aussehen.

Das weisse Santelholz ist hell gelbbraun, das gelbe Santelholz rührt von alten Stämmen her. Es ist ausgezeichnet gleichmässig, hart und dicht, schmeckt gewürzhaft und hat einen rosenartigen Geruch, welcher besonders nach dem Erwärmen oder auf frischen Schnittflächen hervortritt. In seiner Heimat Ostindien wird es medicinisch angewendet, für uns hat es für die Parfümerie und wegen seiner technischen Eigenschaften Bedeutung.

DAPHNACEAE.

Die eigenthümliche dendritische Gruppirung der Gefässe, welche die Gattung *Daphne* ausgezeichnet charakterisirt, ist bei *Pimelea* nur angedeutet. Beiden gemeinsam aber ist bis auf geringe Abweichungen der Bau der Gefässe: Die Tüpfelung und die eng gewundene, feine Spirale. Bei *Pimelea* treten die Tracheiden in den Hintergrund, während diese bei *Daphne* die Menge der perforirten Gefässe übertreffen. Anders als durch die Perforation sind diese beiden Formelemente gar nicht von einander zu unterscheiden und ihre Zusammengehörigkeit beweisen auch die zahlreich auftretenden Combinationen, wo eine Faser an dem einen Ende mit einer stumpfen, nicht durchbohrten Spitze abschliesst, während das andere Ende ohne sich zu verjüngen von einem runden Loch durchbrochen ist.

---

[1] Wiesner, Rohstoffe, p. 593.

Parenchymatische Elemente scheinen oft zu fehlen. Man findet zwar bei *Daphne* einzelne durch horizontale Scheidewände getrennte Zellen und kurze Spindeln (Ersatzfasern) aber ihr Vorkommen ist so vereinzelt, dass sie dem Holze kein charakteristisches Gepräge verleihen.

Auch die Libriformfasern sind bei beiden Gattungen verschieden. Bei *Pimelea* sind sie sehr spärlich getüpfelt, bei *Daphne* ziemlich reich mit rundlichen, von einer Spalte gekreuzten Poren besetzt. Durch die bedeutend mächtigere Verdickung unterscheidet sich *D. odora* von *D. Mezereum*, welche letztere überdies einen unregelmässigen Faserverlauf darbietet.

Die Markstrahlen sind immer einreihig und ihre Zellen durch keine Eigenthümlichkeit ausgezeichnet.

Endlicher vereinigt mit den Daphnaceen die *Hernandieae* und trennt die *Aquilariaceae*. De Candolle vereinigt unter *Thymelaeaceae* die Subord. *Thymeleae* (*Daphneae*) und *Aquilarineae* und stellt *Hernandiaceae* als selbständige Ordnung auf. Die Anatomie des Holzes spricht dafür, die Gattungen *Hernandia* und *Aquilaria* von den Daphnaceen und von einander zu trennen.

Pimelea Ligustrina Labill.

Die Jahresringe sind undeutlich. Unter der Loupe sieht man deutlich die feinen hin- und hergebogenen Markstrahlen und unregelmässige helle Flecken.

Die Gefässe kommen in regellos zerstreuten Gruppen, hie und da auch vereinzelt vor. Ihr Lumen übersteigt nicht 0·036 Mm. Die Wand trägt eine enge und feine Spirale und kleine Tüpfel.

Die Libriformfasern, undeutlich radial geordnet, haben einen Durchmesser von 0·015 Mm., sind nur mässig verdickt und sehr sparsam getüpfelt.

Die Markstrahlen sind 1-, selten 2reihig. Die Zellen sind weiter als das Libriform und reich getüpfelt.

Ein neuholländischer Strauch, dessen weisses, ziemlich hartes Holz keine specielle Verwendung findet.

Daphne Mezereum L.

Jahresringe und Markstrahlen sind selbst mit Hilfe der Loupe nicht zu unterscheiden; aber schon mit unbewaffnetem Auge erkennt man eine einer Gefässramification vergleichbare helle Zeichnung auf gelbem Grunde.

Unter dem Mikroskope ist die Jahresgrenze an dem verschiedenen Lumen der Herbst- und Frühlingszellen erkennbar.

Die Gefässe, meist sehr enge, höchstens 0·03 Mm. weit, sind zu eigenthümlichen, das Holz in jeder Richtung durchsetzenden, verzweigten und verbindenden Gruppen vereinigt. Sie sind meist imperforirt, spiralig gesteift und behöft getüpfelt (Tracheiden).

Parenchym findet sich nur in untergeordneter Menge. Etwas häufiger sind Ersatzfasern[1].

Die Libriformfasern verlaufen nicht geradlinig, sondern hin- und hergebogen, weshalb sie auf Längsschnitten kurz spindelförmig erscheinen. Sie sind mässig verdickt, am Querschnitt radiale Reihen bildend, viereckig oder polygonal und von sehr verschiedenem Lumen bis 0·03 Mm. Ihre Wand ist ziemlich reich mit rundlichen, von einer feinen Spalte gekreuzten Tüpfeln besetzt (behöft).

Die Markstrahlen sind einreihig. Ihre Zellen so weit oder weiter als das Libriform und reich getüpfelt.

Daphne odora Thunb.

Die dendritische Zeichnung, wie bei der vorigen, tritt mit grosser Schärfe auf dem hellbraunen Grunde hervor. Unter der Loupe erkennt man auch die Markstrahlen, schwieriger die Jahresringe.

Anordnung und Bau der Gefässe ist dieselbe wie bei dem heimischen Seidelbast. Sie sind spindelförmig und imperforirt, oder cylindrisch und durch ein rundes Loch geöffnet.

---

[1] Sanio, Vergl. Unters. Bot. Z. 1863.

Die Libriformfasern lassen kaum eine radiale Anordnung erkennen. Sie sind enger und stärker verdickt, verlaufen aber geradlinig.

Die Markstrahlen sind einreihig. Ihre Zellen sind stark verdickt und reich getüpfelt.

Hernandia sonora L.

Fig. 26.

Die Markstrahlen sind nur schwer kenntlich. Am Querschnitte sind helle Punkte und Flecken zerstreut, welche mit Hilfe der Loupe in Gefässgruppen aufgelöst werden.

Die Gefässe, 0·07 Mm. weit, stehen isolirt oder in radialen Reihen. Ihre Tüpfel sind grosse 0·009 Mm. breite Spalten, welche von einem elliptischen Hofe umgeben sind.

Die anderen Elemente bieten am Querschnitte durchaus das gleiche Aussehen dar, von wenig verdickten 0·015 Mm. oder etwas darüber weiten und radial angeordneten Zellen. Sie bestehen aus Tracheiden, Libriform und Parenchym. Die Tracheiden sind kurze, stumpf endigende Fasern mit breiten Tüpfeln.

Den lang zugespitzten einfachen Libriformfasern fehlt jede Tüpfelung oder sie tragen spärliche, sehr feine Spalten.

Die Parenchymzellen setzen lange Fasern zusammen, deren Endglieder bedeutend verlängert und mehr oder weniger verjüngt sind. Ihre Tüpfel sind rundlich, unbehöft und kleiner als die Tracheidtüpfel.

Die Markstrahlen sind einreihig. Ihre Zellen, so weit oder weiter als die Parenchymzellen, unterscheiden sich sonst nicht von diesen.

Ein Baum West-Indiens, welcher auf dem südamerikanischen Festlande als „Myrobalan“ und „bois blanc“ (Aublet) cultivirt wird.

AQUILARIACEAE.

Aquilaria Agallocha Roxb. [1]

Fig. 27.

Die Jahresringe sind breit, die hellen Markstrahlen treten stellenweise deutlich hervor. Auf dem Querschnitte sind Poren und weisse und gelbe Punkte und Flecken zerstreut.

Mikroskopischer Befund: Die Jahresgrenze wird durch eine wellig verlaufende, oft zackige Zone von Parenchym gebildet, in welchem einzelne Gefässe von Libriform umgeben, eingebettet liegen. Die Gefässe sind in ziemlich beträchtlicher Anzahl, gleichmässig und ohne Ordnung im Holze zerstreut. Selten sind sie isolirt, meist zu kleinen Gruppen vereinigt, welche eine radiale Reihe bilden. Ihre Weite beträgt im Mittel 0·045 Mm. und häufig sind sie ganz von ziemlich dickwandigen, porösen Parenchymzellen und einer gelben harzartigen Masse erfüllt. Ihre Wand ist mit kleinen, in dichten Gruppen stehenden, behöften Tüpfeln besetzt.

Nur ausnahmsweise sind die Gefässe von Parenchym umgeben. Dieses bildet vielmehr schmale, aber die Breite mehrerer Holzstrahlen einnehmende Bündel von spindelförmigem Umriss, welche eine tangentiale Richtung verrathen, obwohl sie unter einander nicht parallel, stellenweise sogar zickzackförmig geordnet sind. Die Zellwände sind braun gefärbt, die die Mitte des Bündels einnehmenden häufig arrodirt oder ganz geschwunden und an ihre Stelle ist eine harzartige Masse getreten. Eine merkwürdige und, so viel ich weiss, bisher unbekannte Erscheinung sind die einzeln oder in Gruppen in den Parenchymbändern vorkommenden spindelförmigen Zellen, welche auf dem Querschnitte ganz das Aussehen von Bastfasern haben und anatomisch und chemisch von den Libriformfasern verschieden sind. Ihr Durchmesser ist etwas grösser als das der Libriformfasern und ihre Verdickung beträchtlicher. Sie endigen oft in eine stumpfe Spitze, die Wand ist glatt, frei von Poren. Unter Glycerin erscheinen sie gelb gefärbt, unter Kali quellen sie sehr stark auf, werden blass, beinahe farblos. Anilin färbt sie rasch und lebhaft roth, durch Jod werden sie rein gelb,

[1] Moeller, Sitzungsb. d. kais. Akad. d. Wiss. LXXIII, 1.

während die umgebenden Zellen gelbbraun gefärbt werden. Nach vorausgegangenem Kochen in Kali werden sie durch Chlorzinkjod intensiv violett.

Libriform ist der Hauptbestandtheil des Holzes. Die Fasern (0·018 Mm. dick) sind nur mässig verdickt, verjüngen sich beiderseits plötzlich und laufen in eine lange fein ausgezogene Spitze aus. Ihre Wand ist ziemlich häufig von kleinen, runden Poren durchsetzt, die von feinen, sehr steilen Spalten gekreuzt werden. Sie sind farblos und werden durch Kali gelb gefärbt. Die übrigen Reactionen treten später und weniger rein auf als bei dem vorigen, den Bastfasern durchaus ähnlichen, Formelemente.

Die Markstrahlen sind einreihig, vielfach hin und her gebogen. Ihre Zellen sind nur unbedeutend radial gestreckt, von sehr wechselnder Breite und bieten keine erwähnenswerthen Eigenthümlichkeiten.

Das Adlerholz stammt aus Ostindien, Cochinchina. Es ist ziemlich hart und schlecht spaltbar von gelbbrauner Farbe und balsamischem Geruch. Von den Alten wurde es zum Einbalsamiren der Leichen verwendet und noch heute wird es von den Chinesen als nervenstärkendes Mittel und als Weihrauch benützt. Vergl. Hanbury, Notes, p. 34 und Royle, Illustrations, I, pag. 171.

ELAEAGNACEAE.

Hippophae rhamnoides L.

Fig. 28.

Die Jahresgrenze ist durch einen Ring grober Poren deutlich abgegrenzt. Unter der Loupe sieht man dass die zuerst im Frühlinge gebildeten Gefässe kleiner sind als die ihnen folgenden, und dass von diesen die Gefässe stetig gegen das Herbstholz an Grösse und Zahl abnehmen. Die feinen Markstrahlen stehen sehr dicht.

Die grössten Gefässe haben einen Durchmesser von 0·075 Mm., die kleinsten im Herbstholze von 0·012 Mm. Sie sind unregelmässig zerstreut, meist isolirt, nur im Frühlingsholze, wo ihre Menge sehr gross ist, berühren sie einander und bilden Gruppen. Ihre Wand ist gestreift und mit kleinen, runden, behöften Tüpfeln besetzt. Die kleinen Gefässe sind spindelförmig nicht perforirt.

Das Libriform besteht aus dünnen (0·012 Mm.) mässig verdickten Fasern, deren Spitze hie und da gabelig getheilt ist. Sie haben feine Spaltentüpfel.

Die Frühlingsgefässe sind von einem relativ weitlichtigen Gewebe umgeben, das aus behöft getüpfelten Fasern besteht, welche den Tracheiden der Coniferen ähnlich sind.

Parenchymatische Elemente kommen nicht vor. Die Markstrahlen bestehen aus 1 oder 2 Reihen stark verdickter, reich getüpfelter Zellen.

Das Holz des Weidendorns ist hellgelb und bildet einen braunen Kern. Es ist fein, hart, gut spaltbar.

Elaeagnus hortensis Marsch., α. *angustifolia* (*Elaeagnus angustifolia* L.).

Die grossen Poren im Frühlingsholze trennen den Querschnitt in breite, concentrische Ringe. Die Markstrahlen sind dicht und zart.

Die Frühlingsgefässe erreichen einen Durchmesser von 0·15 Mm. Die Tüpfel sind querelliptisch behöfte (0·009 Mm.) Spalten.

Die Libriformfasern sind 0·015 Mm. breit und im Bau nicht verschieden von denen bei *Hippophae*. Auch die Tracheidform findet sich hier in grosser Menge.

Die Markstrahlen sind 1—4reihig.

Die Varietät γ. *orientalis* (*Elaeagnus orientalis* L.) ist anatomisch von ihr nicht zu unterscheiden.

Das Holz ist hellgelb, im Kern braun.

PROTEACEAE.

Die Gattungen *Protea*, *Leucadendron*, *Banksia* und *Hakea* sind auffällig charakterisirt durch die breiten Markstrahlen und durch die feine concentrische Ringelung des Querschnittes, welche hervorgerufen wird

durch abwechselnde Lagen von Libriform und den Elementen der Gefässformation, welche von Parenchym begleitet sind. Die Gefässe haben sehr verschiedene Durchmesser, doch übersteigt ihr Maximum 0·03 bis 0·05 Mm. nicht. Die kleinen rundlichen Tüpfel und das feine Spiralband ist allen gemeinsam. Viele Gefässe mittlerer Grösse sind spindelförmig und seitlich perforirt und bilden dadurch den Übergang zu den echten Tracheiden. Parenchymzellen und Ersatzfasern sind mässig verdickt und haben verhältnissmässig grosse, unbehöfte Poren.

Die Libriformfasern sind im Allgemeinen stark verdickt und von Spaltentüpfeln durchsetzt. Bei *Leucadendron* habe ich auch verzweigte Fasern mit nahezu gleichwerthigen Ästen gefunden und eine Faserform mit spiraliger Verdickung, die sonst alle Charactere des Libriform darbietet. Es kann keinem Zweifel unterliegen, dass wir es hier wirklich mit einer Auflagerung in Form einer Spirale zu thun haben, da man in der Querschnittsansicht die Wülste in das Lumen der Faser hineinragen sieht.

Die Breite der Markstrahlen kann 15 Zellen, selbst mehr betragen; ihre Höhe aber ist nicht beträchtlich. Auf dem Querschnitte erscheinen sie als helle Linien, auf dem Radialschnitte bilden sie einige Millimeter hohe, dunkle, eckige Figuren, dem Sehnenschnitte verleihen sie ein genetztes Aussehen. Ihre Zellen sind sehr weitlichtig, mässig verdickt und porös. Immer enthalten sie eine braungelbe Masse in amylumähnlichen Körnern oder grösseren Klumpen, welche aus Harz und zum geringeren Theile aus Gerbstoff zu bestehen scheint. In einigen findet man auch Krystalle.

Protea mellifera Thunbg.

Die Jahresringe sind kenntlich. Die breiten, hin und her gebogenen Markstrahlen werden gekreuzt von hellen tangentialen Binden, welche nach aussen immer zarter und dichter werden. Mit der Loupe sieht man, dass die zarten Querlinien häufig mit einander anastomosiren und unterscheidet auch feine Poren.

Die Gefässe sind nur selten über 0·045 Mm. weit. Sie haben eine feine, spiralige Verdickung und kleine Tüpfel. Am Anfange des Jahresringes bilden sie geschlossene tangentiale Bänder, welche nach aussen an Mächtigkeit abnehmen, unregelmässiger verlaufen und häufig unterbrochen sind. Parenchymatische Elemente kommen nur in äusserst geringer Menge vor. Sie sind dünnwandig und relativ gross getüpfelt.

Die Libriformfasern lassen keine Regelmässigkeit in der Anordnung erkennen. Ihr Querschnitt ist unregelmässig, 0·015 Mm. breit und davon entfällt etwa $^1/_3$ auf die Verdickung. Dieselben Dimensionen zeigen auch Fasern, die sich von ihnen durch ein Spiralband und reichliche, klein behöfte Tüpfel unterscheiden.

Die Markstrahlen sind sehr breit und aus weitlichtigen, porösen Zellen zusammengesetzt, die als Inhalt stark lichtbrechende, braunrothe Körner führen.

Das Holz ist hellbraun und hart und dürfte im Cap, wo diese Art als Baum und Strauch gemein ist, wohl technisch verwendet werden.

Protea Lepidocarpon R. Br.

ist bedeutend weicher. Die tangentialen Bänder der Gefässe sind unregelmässiger und stehen in grösseren Abständen. Alle Elemente sind etwas grösser und weniger verdickt.

Leucadendron sp. (*Protea ericoides* hort.)[1]

Fig. 29 und 30.

Der Querschnitt zeigt zahlreiche, feine, sehr genäherte concentrische Ringe und breite Markstrahlen in grossen Abständen. Unter der Loupe werden auch feine Markstrahlen bemerkbar. Der Sehnenschnitt hat eine netzige Zeichnung.

Die Gefässe bilden gedrängte tangentiale Bündel, welche durch Bänder von Libriform von einander getrennt sind. Ihr Querschnitt, rundlich oder eckig abgeplattet, verschieden gross bis zu 0·045 Mm. Ihre

[1] Moeller, Sitzungsb. d. kais. Akad. d. Wiss. LXXIII, 1.

Wand ist dicht mit 0·003—0·006 Mm. grossen Tüpfeln besetzt und trägt überdies ohne Ausnahme ein Spiralband. Die Form mit undurchbrochener Querwand überwiegend.

Parenchymzellen und Ersatzfasern, kenntlich an den grossen, stellenweise dicht gedrängten unbehöften Tüpfeln und dem Mangel des Spiralbandes, sind nur spärlich vorhanden.

Die Libriformfasern sind stark verdickt, 0·015 Mm. breit und haben feine Spaltentüpfel. Die spitzen Enden einiger sind von Tüpfeln frei, haben dagegen ein weit gewundenes Spiralband. Auch eigenthümlich verzweigte Zellen habe ich gefunden, deren Bau ganz mit dem Libriform übereinstimmt.

Die Markstrahlen aus weiten (bis 0·024 Mm.), reich getüpfelten Zellen zusammengesetzt, bilden mehr oder weniger breite Bänder zwischen den Elementen des Holzes. Sie führen Gerbstoff und Harz in Form von stark lichtbrechenden, braungelben Körnern.

Das Holz hat eine unscheinbare schmutzig weisse Farbe, ist weich und leicht spaltbar.

Hakea saligna K. et S.

Die Markstrahlen sind verschieden breit und werden von zarten, abwechselnd hell- und dunkelbraunen concentrischen Ringen gekreuzt.

Gefässe von verschiedener Weite (bis 0·045 Mm.) bilden Gruppen, die sich zu tangentialen Bändern zusammensetzen. Die Gefässwand trägt kleine (0·003 Mm.), rundlich behöfte Tüpfel und eine feine, enggewundene Spirale. Dasselbe Relief haben die zahlreichen Tracheiden.

Parenchymatische Elemente begleiten in ansehnlicher Menge die Gefässe. Die Parenchymzellen bestehen meist aus zwei, zu einer Spindel vereinigten Zellen. Die Ersatzfasern sind so lang wie die zusammengesetzte Parenchymfaser. Beide sind nur wenig verdickt und ziemlich reich getüpfelt.

Die Libriformfasern sind bei einer Breite von 0·012 Mm. bedeutend verdickt, einfach, glatt, oder von spärlichen Spalten durchsetzt.

Die Markstrahlen sind 1—15 Zellen, selbst darüber breit; die Zellen sind weitlichtig, reich porös und enthalten Harzkörner.

Das Holz dieses um Port-Jackson wachsenden Baumes gleicht dem von *Leucadendron* vollkommen, nur ist es härter.

Banksia paludosa R. Br.

Mit unbewaffnetem Auge erkennt man auf dem Querschnitte nur breite Markstrahlen und eine undeutliche Zonenbildung. Unter der Loupe werden dünnere Markstrahlen sichtbar und zwischen ihnen liegen sehr feine, helle Strichelchen und Poren.

Die Gefässe sind deutlich tangential angeordnet, aber es kommen neben den meist nur eine Reihe breiten und den Libriformbinden an Mächtigkeit weit nachstehenden Gefässgruppen auch isolirte Gefässe und selbstständige kleine Gruppen vor. Das Lumen der Gefässe übersteigt kaum 0·03 Mm., ihre Wand ist dicht mit kleinen, rundlichen Tüpfeln besetzt, und ist meist auch spiralig verdickt.

Die anderen Elemente sind mit denen der *Hakea* in Form und Grösse übereinstimmend.

Banksia marcescens R. Br.,
Banksia latifolia R. Br.

Sie haben dieselbe elementare Zusammensetzung, wie *Banksia paludosa*, nur sind die Gefässgruppen bei der ersteren breiter und regelmässig in tangentiale Bänder geordnet, und die letztere ist daran kenntlich, dass die Gefässe einen Durchmesser von 0·06 Mm. erreichen und häufig mit Harz erfüllt sind.

Die in Neu-Holland einheimischen *Banksia*-Arten haben ein braunes, im Kern röthlich schimmerndes Holz von einiger Härte.

COMPOSITAE.

Die drei Repräsentanten baumartiger Compositen stimmen im Bau des Holzes sehr mit einander überein. Als charakteristisch möge hervorgehoben werden die geringe Entwicklung parenchymatischer Elemente, welche nur als Umhüllung der Gefässe vorkommen und die aus einer feinen Pore sich erweiternden Spalten der Libriformfasern.

Rudbeckia sp.

Breite Markstrahlen verleihen dem Querschnitte ein strahliges Ansehen. Die spärlich zerstreuten Pünktchen werden mit Hilfe der Loupe als kleine Porengruppen erkannt, die von einem schmalen, hellen Hofe umsäumt sind.

Die Gefässe sind auch isolirt, und dann ist ihr Querschnitt eine in radialer Richtung bedeutend gestreckte Ellipse. Sie sind nur wenig verdickt und mit sehr grossen, sich gegenseitig abflachenden Tüpfeln bedeckt.

Sehr grossporige, dünnwandige, weite (0·015—0·03 Mm.) Parenchymzellen umgeben die Gefässe in geringer Menge.

Die Libriformfasern sind im Mittel 0·025 Mm. breit, wovon 0·005 Mm. auf je eine Wanddicke entfällt. Sie sind ziemlich reichlich von feinen Spaltentüpfeln durchbohrt.

Die Markstrahlen bestehen aus 6 und mehr Reihen sehr weiter, häufig isodiametrischer, kleinporöser Zellen.

Eupatorium arboreum H. B. et K.

Dicht gedrängte Markstrahlen und regellos zerstreute helle Pünktchen sind mit freiem Auge kenntlich.

Die Gefässe stehen isolirt, in kurzen radialen Reihen oder in kleinen Gruppen. Sie sind im Mittel 0·045 Mm. weit, beinahe so derbwandig wie das Grundgewebe, klein, aber ausnehmend dicht getüpfelt.

Das feinporige Parenchym kommt nur in der Umgebung der Gefässe und auch da in geringer Menge vor. Es ist am Querschnitte kaum vom Libriform zu unterscheiden. Die Fasern haben bei einer Breite von 0·025 Mm. ein Lumen von 0·015 Mm., und sind reichlich mit überaus feinen behöften Spalten besetzt. Vereinzelt kommen auch gefächerte Fasern vor.

Die Markstrahlen bestehen aus 1—3 Reihen weitlichtiger Zellen.

Das Holz dieser aus der Gegend von Quito stammenden Art ist ansehnlich hart.

Verbesina arborea H. B. et K.

Die feinen Markstrahlen und Poren werden mit freiem Auge erkannt. Letztere erweisen sich unter der Loupe von einem sehr schmalen hellen Hofe umgeben. Sie stehen isolirt oder in kleinen Gruppen, selten in radialen Reihen.

Das Lumen der Gefässe variirt bis 0·12 Mm. Ihr Contour ist regelmässig, fast kreisrund, die Verdickung gering, die Tüpfelung relativ klein aber sehr dicht.

In der Anordnung und im feineren Bau der übrigen Elemente gleicht diese Art vollkommen *Eupatorium arboreum,* mit der sie auch die Heimat theilt.

RUBIACEAE.

Die untersuchten Gattungen zeigen grosse Verschiedenheiten im Typus des Baues, und es kann als durchgreifender Charakter nur angeführt werden, dass die parenchymatischen Elemente zu den Gefässen in keiner Beziehung stehen, sondern radiale, den Markstrahlen parallele Reihen bilden, was wieder bei *Gardenia* eine Ausnahme erleidet, indem sie hier tangential geordnet sind. Die Gefässe stehen isolirt (*Coffea, Gardenia*) oder auch in Gruppen (*Nauclea, Cinchona*) in Form und Tüpfelung mit einander übereinstimmend.

Von den echten Gefässen bis zu den faserförmigen Tracheiden kommen alle Übergänge vor. Sie sind mit kleinen, rundlich behöften Spaltentüpfeln besetzt.

Die parenchymatischen Elemente sind nicht durch ihren Bau, sondern durch die schon erwähnte Gruppirung charakteristisch.

Die Libriformfasern bieten nicht unwesentliche und zur Unterscheidung der Gattungen wohl verwendbare Merkmale.

Die Markstrahlen sind 1—3reihig. An den Zellen vermisst man bei *Gardenia* und *Coffea* die radiale Streckung.

Cinchona succirubra P.

Die wellenförmigen Jahresringe sind undeutlich ausgeprägt. Die feinen Markstrahlen stehen sehr dicht. Unter der Loupe erkennt man deutlich die in radialen Gruppen stehenden Gefässporen. Der grösste Durchmesser der Gefässe beträgt nicht selten 0·1 Mm. Ihre Wand ist dicht mit kleinen, rundlich behöften Spaltentüpfeln besetzt.

Durch geringe Verdickung und weites Lumen treten die radialen Reihen von Parenchymzellen deutlich hervor. Sie sind axial gestreckt und klein porös. Auch die Libriformfasern lassen radiale Anordnung erkennen. Sie sind breit (0·024 Mm.) und nur mässig verdickt.

Die Markstrahlen bestehen aus 1—4 Reihen radial gestreckter und poröser Zellen.

Das Holz ist gelb, ziemlich hart und schwer. Über die technische Verwendung dieser am Westabhange des Chimborazo wachsenden Art ist eben so wenig etwas bekannt, wie über diejenige der anderen China-Hölzer.

Nauclea Cadamba Roxb. (*Cephalanthus orientalis* L.)

Die Jahresringe sind verwischt, die Markstrahlen sehr fein und die Gefässporen spärlich und zerstreut. Unter der Loupe erkennt man, dass die Gefässporen häufig zu kleinen Gruppen vereinigt sind.

Die grösseren Gefässe haben einen Durchmesser von 0·09 Mm. Ihre Tüpfelung ist klein und dicht. Häufig endigen sie mit einer lang ausgezogenen Spitze, in welchem Falle sie durch seitliche Löcher mit einander communiciren.

Einzelne Parenchymfasern kommen im Libriform zerstreut vor, meist bilden sie aber radiale Reihen. Die Zellen sind nur wenig verdickt, 0·024 Mm. weit und axial bedeutend gestreckt.

Die Libriformfasern sind sehr weitlichtig. Ihre Verdickung übertrifft, ihr Durchmesser steht nur unbedeutend unter den entsprechenden Dimensionen der Parenchymzellen. Sie haben kleine behöfte Spaltentüpfel in grossen Abständen.

Die Markstrahlen sind meist nur eine Zelle breit, die in ihren Dimensionen grossen Schwankungen unterworfen ist.

Die Heimat dieser *Nauclea* ist Ostindien. Ihr Holz ist gelblich-weiss, leicht und weich, beinahe schwammig.

Nauclea Africana Willd. (*Cephalanthus Africanus* Rchb.)

Mit freiem Auge erkennt man am Querschnitte nur feine Markstrahlen. Unter der Loupe treten auch die isolirten in ungefähr radialen Reihen stehenden Gefässporen hervor, durch deren wechselnde Grösse auch eine Trennung der Vegetationsperioden angedeutet ist.

Die Gefässe stehen fast ausnahmslos isolirt, sind kurz elliptisch und im Mittel 0·06 Mm. weit. Ihre Tüpfel sind dicht gestellt und sehr klein (0·003 Mm.).

Das Parenchym kommt nur in einzelnen, den Markstrahlen parallelen Zügen vor und steht in keiner Beziehung zu den Gefässen.

Die Libriformfasern haben einen Durchmesser von 0·015 Mm., sind nur mässig verdickt und tragen Spaltentüpfel.

Die Markstrahlen sind 1—3reihig. Ihre Zellen sind häufig höher als breit und ziemlich reich getüpfelt.

Dieser im Senegal und in Guinea heimische Baum liefert ein ziemlich dichtes und hartes Holz von gelber Farbe.

Gardenia sulcata Gaertn.

Fig. 31.

Die Jahresringe sind angedeutet. Der Querschnitt ist mit unregelmässig zerstreuten Pünktchen gezeichnet. Erst unter der Loupe kann man die dichten, feinen Markstrahlen unterscheiden, welche von eben so dichten, zarten, hellen, tangentialen Bändern gekreuzt werden.

Die Gefässe sind immer isolirt, von elliptischem Querschnitt (0·06 — 0·15 Mm. weit) und haben kleine, runde Tüpfel oder grössere Spalten.

In keiner Beziehung zu ihnen stehen die eine, stellenweise mehr Zellen breiten tangentialen Reihen weitlichtiger, 0·018 Mm. breiter Parenchymzellen Ebenso breit sind die am Querschnitt rundlichen und bis auf einen engen Canal verdickten Libriformfasern, die ziemlich reich von Spalten durchsetzt sind.

Ausser diesen Elementen kommen in geringer Menge auch noch Fasern vor, die bei mässiger Verdickung und einem Durchmesser von etwa 0·03 Mm. zahlreiche Tüpfel nach Art der Gefässe tragen und wohl als Tracheiden angesprochen werden können.

Die 1—2reihigen Markstrahlen sind durch die Gefässe häufig in ihrer Richtung abgelenkt. Die Zellen sind radial nur wenig gestreckt, stärker verdickt als die Parenchymzellen und fein porös. Sie führen intensiv rothbraunen Inhalt, der auf Gerbstoff nicht reagirt, in Wasser und Alkohol unlöslich ist, durch Mineralsäuren vollkommen zerstört wird.

Das Holz stammt aus Neu-Caledonien. Es hat zimmtbraune Farbe, ist schlecht spaltbar, sehr schwer und ausserordentlich hart.

Coffea arabica L.

Eine Andeutung von Jahresringen und zarten Markstrahlen ist vorhanden. Unter der Loupe treten ausserdem noch zahlreiche Markstrahlen und feine Poren hervor.

Die Gefässe sind klein (0·04 Mm.) und stehen isolirt, ihre Spaltentüpfel sind von einem kleinen rundlichen Hofe umgeben. Es kommen alle Übergänge vor von den cylindrischen an beiden Enden durchbrochenen bis zu den faserähnlichen Formen, die seitlich oder gar nicht perforirt sind.

Die letzteren und die parenchymatischen Elemente sind am Querschnitte durch ihr weites Lumen kenntlich. Die Parenchymzellen bilden radiale Reihen und kommen auch einzeln zwischen den Libriformfasern vor. Sie sind axial gestreckt und reich getüpfelt.

Die Libriformfasern haben einen Durchmesser von 0·02 Mm., wovon 0·012 Mm. auf die Verdickung entfällt. Nicht selten sind ihre Enden gabelig verzweigt, ihre Wand ist von zahlreichen Spalten durchbohrt.

Die Markstrahlen sind 1—3reihig. Die Zellen sind nahezu quadratisch, eher tangential wie radial gestreckt und reich porös.

Das Holz ist hellgelb gefärbt, matt, uneben spaltbar, wenn auch nicht besonders hart, doch sehr gleichmässig.

CAPRIFOLIACEAE.

Die Gefässe, allein stehend oder zu Gruppen vereinigt (*Sambucus racemosa*) nehmen die ganze Breite des Jahresringes ein, gegen die Herbstgrenze an Grösse abnehmend. Ihr Bau ist sehr verschieden und selbst innerhalb einer Gattung nicht constant. Die Querwand ist vollständig resorbirt, nur bei *Viburnum Lantana* legen sich die zugespitzten Enden mit sehr schiefen Wänden aneinander und sind leiterförmig durchbrochen. Die Seitenwand ist sehr klein getüpfelt (0·003 Mm.) bei *Sambucus nigra*, sonst sind die Tüpfelhöfe grösser

(bis 0·01 Mm. bei *Sambucus racemosa*), rundlich oder polygonal abgeplattet. Bei *Lonicera* und *Symphoricarpus* ist sie ausserdem spiralig gestreift.

Die parenchymatischen Elemente kommen nur in unbeträchtlicher Menge vor oder fehlen ganz. Sie setzen Fasern zusammen, die isolirt zwischen den Holzfasern liegen.

Die Grundmasse des Holzes ist aus Libriform und aus Tracheiden zusammengesetzt. Erstere überwiegen bei *Sambucus*, sonst ist das Mischungsverhältniss ziemlich gleich. Die Schwankungen in Durchmesser und Verdickung bewegen sich innerhalb kleiner Grenzen. In der Form stimmen sie ganz mit den Tracheiden überein, so dass ihre Unterscheidung nur nach Isolirung der Elemente gelingt und selbst dann können Zweifel entstehen, ob eine Faser als Tracheide oder als behöft getüpfelte Libriformfaser aufzufassen sei, wenn die Grösse des Tüpfelhofes nicht auffallend von jener der Gefässe differirt. Eine spiralige Verdickung der Tracheiden habe ich nur bei *Viburnum Opulus* und *Lonicera* beobachtet. Es erhellt daraus, dass das Relief der Tracheiden mit dem der Gefässe nicht zusammenfällt.

Von dieser Darstellung weichen die Angaben Sanio's [1] in einigen Punkten ab, wesshalb seine Zusammenstellung hier Platz finden möge:

I. Das Holz besteht aus Holzparenchym, Tracheiden und Gefässen. $hp+(t+G)$.

Die Tracheiden bilden die Grundmasse und gehören zur faserartigen Modification. Die Gefässe sind einerlei Art und nehmen nach aussen an Weite und Zahl ab.

a) Perforation der Gefässe leiterförmig.

1. Gefässe und Tracheiden mit Spiralen: *Viburnum Lantana.*
2. Gefässe und Tracheiden ohne Spiralen: *Viburnum Opulus.*

b) Perforation der Gefässe einfach. Gefässe und Tracheiden mit Spiralen: *Symphoricarpus racemosa*, *Lonicera tatarica* L.

II. Das Holz besteht aus Holzparenchym, einfachem Libriform, Tracheiden und Gefässen. $hp+l+(t+G)$.

In den Gefässen finden sich keine Spiralen: *Sambucus racemosa*, *Sambucus nigra.*

Sambucus nigra L.

Der Querschnitt erscheint punktirt. Jahresringe und Markstrahlen sind kenntlich. Mit Hilfe der Loupe erkennt man, dass die Poren an Grösse und Zahl nach aussen abnehmen.

Die Gefässe stehen meist zu kleinen Gruppen vereint durch die ganze Breite des Jahresringes zerstreut. Ihr Durchmesser erreicht 0·045 Mm. und ihre Wand ist mit sehr feinen Tüpfeln dicht besetzt.

In Begleitung der Gefässe kommen auch Tracheiden und äusserst spärliche Züge von Parenchymzellen vor, welche dünnwandig, weit und porös sind. Die Libriformfasern haben einen Durchmesser von 0·015 Mm., sind stärker verdickt und von sehr feinen Spalten durchbohrt.

Die Markstrahlen sind 1—3reihig. Die inneren Zellen sind enge, die äusseren sind pallisadenförmig, ihre Höhe übertrifft um das 4fache die Breite.

Das Holz des Hollunders ist zähe und sehr hart.

Sambucus racemosa L.

Jahresringe und Markstrahlen sind scharf gezeichnet, dagegen die Punktirung verwischt.

Die Gefässe von nahezu gleichem Durchmesser (0·04 — 0·05 Mm.) sind sehr zahlreich und bilden grössere Gruppen. Die Tüpfel sind gross (0·01 Mm.) und ihre Höfe polygonal abgeflacht.

Parenchym scheint ganz zu fehlen.

Die Libriformfasern gleichen den vorigen.

---

[1] Vergl. Unters. Bot. Z. 1863.

Die Markstrahlzellen sind stark verdickt, fein porös oder von grossen Poren durchbohrt, wo sie an Gefässe grenzen.

Das Holz des Bergholders ist weniger zäh und hart als das vorige.

Viburnum Opulus L.

Jahresringe und Markstrahlen sind nicht deutlich erkennbar. Unter der Loupe erscheinen die Gefässporen, welche am Anfange des Jahresringes grösser sind.

Die Gefässe sind isolirt und die grössten kaum über 0·025 Mm. weit. Die Querwand ist vollständig resorbirt, die Seitenwände mit rundlichen Tüpfeln besetzt.

Die Grundmasse des Holzes ist aus zwei Arten von Fasern zusammengesetzt. Libriformfasern von 0·015 Mm. Breite, 0·003 Mm. Verdickung und Spalten in geringer Menge. Fasern von derselben Breite, aber etwas geringerer Verdickung mit einer Spirale und reichlichen Tüpfeln.

Aus parenchymatischen Elementen zusammengesetzte Fasern kommen nur in verschwindend geringer Anzahl vor.

Die Markstrahlen bestehen aus 1 oder 2 Reihen reich poröser Zellen.

Viburnum Lantana L.[1]

Fig. 32.

Dem unbewaffneten Auge erscheint das Holz homogen. Unter der Loupe sind nur mit Mühe die Jahresgrenze, die feinen Markstrahlen und zahlreiche Poren zu unterscheiden.

Die Gefässe sind in sehr grosser Zahl, meist isolirt, wohl auch kleine Gruppen bildend, regellos zerstreut. Ihr Lumen ist überall gleich und beträgt im Mittel 0·03—0·04 Mm. Die Jahresgrenze wird durch die abgeflachten Fasern des Herbstholzes markirt. Die Querwände stehen sehr schief und sind leiterförmig durchbrochen. Die Seitenwände tragen rundlich behöfte Tüpfel aber keine Spirale. Die Holzfasern haben grosse Ähnlichkeit mit den Tracheiden der Coniferen. Sie haben einen Durchmesser von 0·018 Mm. und sind stark verdickt. Am Querschnitte sind sie häufig rechteckig und stehen mit einander durch Poren in Verbindung, deren Canal sich nach aussen trichterförmig erweitert. Die Poren sind spaltenförmig und der Hof kreisrund, 0·009 Mm. breit.

Parenchymatische Elemente habe ich nicht gefunden.

Die Markstrahlen bestehen aus einer Reihe stark verdickter, verschieden weiter, reich poröser Zellen.

Das Holz des Schneeballens (Schlingbaumes), der in Europa bis zum Kaukasus als Strauch wächst, ist von hellbrauner Farbe, sehr fein und hart.

Lonicera Xylosteum L.[2]

Ausser den scharf gezeichneten Jahresringen ist mit freiem Auge keine Structur zu erkennen. Die Loupe zeigt die feinen Markstrahlen und Poren.

Die Gefässe sind über die ganze Breite des Jahresringes gleichmässig und in grosser Menge zerstreut. Im Frühlingsholze sind sie grösser bis zum grössten Durchmesser von 0·04 Mm. Die Querwand ist vollständig resorbirt, die Seitenwand von einer zarten Spirale und von rundlich behöften Spaltentüpfeln besetzt.

In sehr geringer Menge kommen Parenchymzellen vor.

Das Grundgewebe besteht aus sehr stark verdickten Fasern, welche ausser den behöften Tüpfeln auch spiralige Verdickung zeigen.

Die Markstrahlen bestehen aus 1—2 Reihen stark verdickter, weitlichtiger und poröser Zellen.

Das Holz hat einen hellgelben Splint und braunen Kern. Wegen seiner ausserordentlichen Zähigkeit wird es zu Maschinenbestandtheilen und Ladestöcken verwendet.

---

[1] Wiesner, Rohstoffe, pag. 584.

[2] Wiesner, Rohstoffe, pag. 583.

Symphoricarpos vulgaris Michx.

Die Jahresringe sind deutlich abgegrenzt. Die Markstrahlen und sehr feinen Poren werden erst unter der Loupe sichtbar.

Die Gefässe, unregelmässig contourirt und im Frählingsholze 0·03 Mm. weit, nehmen gegen die Herbstgrenze an Grösse ab und sind überhaupt nicht in grosser Menge vorhanden. Sie stehen durch grosse Löcher in Verbindung und die Seitenwände tragen ausser Tüpfeln auch eine feine spiralige Verdickung. Viele führen hellgelbes Harz.

Die Holzfasern haben einen runden Querschnitt von 0·012 Mm. Durchmesser. Sie sind stark verdickt, mit behöften Spaltentüpfeln besetzt, wie sie den Gefässen zukommen, jedoch ohne Spirale.

Parenchymzellen von der Breite der Tracheiden kommen in sehr geringer Menge vor.

Die Markstrahlen sind 1—3 Zellen breit.

Ein nordamerikanischer Strauch mit weissem Splint und ledergelbem Kern von ausserordentlicher Härte.

OLEACEAE.

Die Gefässe sind über den ganzen Querschnitt regellos zerstreut, sind aber im Frühlingsholze grösser und zahlreicher und bilden daher concentrische Ringe. Die Markstrahlen sind fein.

Die grössten Gefässe hat *Fraxinus*, die kleinsten *Ligustrum* und *Olea*, ihr Querschnitt ist regelmässig kreisrund oder elliptisch (*Fraxinus*, *Olea*) oder unregelmässig (*Syringa*, *Ligustrum*). Jene haben sehr kleine Poren, diese haben grössere (—0·005 Mm.) kreisrund behöfte Spaltentüpfel und spiralige Verdickung in grösserer oder geringerer Entwicklung.

Diese schon im Bau der Gefässe ausgesprochene Trennung der Oleaceen in zwei Gruppen findet noch weitere Bestätigung.

Bei *Fraxinus* und *Olea* kommen parenchymatische Elemente vor in der Umgebung der Gefässe und frei im Libriform. Sie fehlen bei *Syringa* und *Ligustrum*, welche dagegen durch eine sehr charakteristische Form der Tracheiden ausgezeichnet sind. Die Libriformfasern sind immer stark verdickt. Nur jene von *Fraxinus* weichen einigermassen von dem typischen Bau dadurch ab, dass ihre Spalten mit den Poren der Gefässe combinirt sind.

Die Oleaceen werden eingetheilt in

Trib. 1. *Fraxineae*, Trib. 2. *Syringeae*, Trib. 3. *Oleineae* (einschliesslich *Ligustrum*), Trib. 4. *Chionantheae*.

Ich hatte nicht Gelegenheit einen Repräsentanten der letzteren zu untersuchen. In Beziehung der drei ersten Familien aber ergibt die Anatomie des Holzes grosse Übereinstimmung der Fraxineen mit den Oleineen, von welch' letzteren aber die Gattung *Ligustrum* zu trennen und mit den Syringeen zu vereinigen wäre.

Fraxinus juglandifolia Lam.[1]

Die Jahresringe und ein Ring grosser Poren im Frühlingsholze sind dem unbewaffneten Auge erkennbar. Die feinen Markstrahlen und kleinere, zerstreute Gefässe treten erst unter der Loupe hervor.

Die Gefässe stehen zumeist isolirt und erreichen im Frühlingsholze einen Durchmesser von 0·15 Mm. Sie sind stark verdickt, ihr Querschnitt rund und die Seitenwände sind dicht mit sehr kleinen Poren besetzt.

Ihnen angelagert oder frei unter dem Libriform kommen spärliche Züge stark verdickter und poröser Parenchymzellen vor.

Die Holzzellen sind nur mässig verdickt. Ihre kleinen Tüpfel werden von schief gestellten Spalten gekreuzt. Dadurch und durch ihre geringe Zahl unterscheiden sie sich von der Tüpfelung der Gefässe, mit welcher sie die Grösse gemein haben. Sanio bezeichnet sie als Libriform.

---

[1] *Fraxinus excelsior* L. Wiesner, Rohstoffe, pag. 587.

Die Markstrahlen sind durch die Gefässe von der geradlinigen Richtung abgelenkt. Sie bestehen aus 1—3 Zellenreihen, deren Durchmesser und Verdickung mit jener des Libriform übereinstimmt. Sie führen oft Krystalle.

Syringa vulgaris L.

Dem freien Auge bietet der Querschnitt ausser undeutlichen Jahresringen keinen Einblick in den Bau. Mit Hilfe der Loupe unterscheidet man die feinen, dichten Markstrahlen und einen Ring kleiner Poren im Frühlingsholze.

Die Gefässe sind zahlreich, nehmen gegen die Herbstgrenze an Grösse ab, haben einen unregelmässigen Contour und bei mässiger Verdickung einen Durchmesser von höchstens 0·05 Mm. Die Tüpfel stehen sehr dicht und sind kreisrund behöft (0·004 Mm.). Hie und da ist eine spiralige Streifung angedeutet. Diese ist markirter, aber auch nicht vollkommen ausgebildet in den Tracheiden, welche Übergänge zur Spindel- und Faserform bildend, im äusseren Theile des Jahresringes in überwiegender Menge vorkommen.

Die Libriformfasern sind länger, 0·018 Mm. breit, stark verdickt und von Spalten durchsetzt.

Die Markstrahlen sind 1—3reihig. Die Zellen sind weitlichtiger als das Libriform, reich porös und enthalten oft Krystalle.

Der spanische Flieder stammt aus Persien und soll im 16. Jahrh. nach Europa verpflanzt worden sein. Sein Holz ist sehr hart, fein und zähe. Der Splint ist weiss, der Kern braun, bei manchen Abarten violett geflammt.

Olea europaea L.

Die Jahresgrenze ist durch einen breiten Porenring markirt. Die Markstrahlen werden erst mit Hilfe der Loupe sichtbar.

Die Gefässe allein stehend, im Frühlingsholze 0·035 Mm. weit, nehmen an Grösse und Zahl nach aussen hin ab. Ihr Querschnitt ist regelmässig rund oder elliptisch, die Tüpfelung sehr klein.

Parenchymatische Elemente umgeben in grösserer Zahl die Gefässe und kommen in einzelnen Zügen im Libriform eingebettet vor. Sie sind 0·015 Mm. oder etwas darüber breit, wenig verdickt und porös. Die Libriformfasern sind radial gereiht, fast so breit, wie die Parenchymzellen, aber stark verdickt und von Spalten durchsetzt[1].

Die Markstrahlen sind 1—3reihig. Die inneren Zellen sind radial gestreckt, wenig weiter als das Parenchym. Die äusseren sind weitlichtiger, quadratisch oder selbst axial gestreckt.

Der Ölbaum hat gelblichen Splint und braunen Kern. Das Holz ist sehr hart (*Olea americana* L. liefert eine Art Eisenholz).

Ligustrum vulgare L.[2]

Fig. 33 und 34.

Die Jahresringe sind nicht deutlich. Unter der Loupe erscheinen die Markstrahlen und Gefässporen, welche im Frühlingsholze zahlreicher und grösser sind.

Die Gefässe sind ganz regellos zerstreut. Ihr Querschnitt ist unregelmässig contourirt, nicht über 0·036 Mm. weit. Die Seitenwände tragen kreisrund behöfte (0.005 Mm.) Spaltentüpfel in geringer Menge und eine spiralige Verdickung. Dasselbe Relief zeigen die Tracheiden, welche quantitativ die übrigen Elemente im Holze übertreffen. Da sich Übergänge von den weiten, perforirten Gefässen zu den faserförmigen Tracheiden vorfinden, so erscheint es gerechtfertigt, beide Formationen zusammenzufassen, aber anderseits haben die Tracheiden auch Analogien mit dem Libriform. Am Querschnitte sind sie von einander nicht zu

[1] Sanio gibt die Formel $(hp+r)+(l+l/m)+G$. Ich habe keine gefächerten Libriformfasern gefunden.

[2] Wiesner, Rohstoffe, pag. 585.

unterscheiden und die Fasern gleichen einander vollkommen, nur haben die letzteren statt der Tüpfel und Spirale, einfache, feine Spalten.

Die Markstrahlen bestehen aus einer oder zwei Zellenreihen.

Das Holz des Liguster ist weiss, sehr fein und hart.

LOGANIACEAE.

Strychnos Colubrina L.

Fig. 35.

Der Querschnitt zeigt eine dichte und sehr feine concentrische Schichtung. Erst unter der Loupe treten die Markstrahlen und kleinen Gefässporen hervor.

Die Gefässe lassen eine radiale Anordnung erkennen. Sie sind regelmässig contourirt, kreisrund oder elliptisch, stark verdickt und im Durchmesser wechselnd zwischen 0·015 und 0·045 Mm. Die Seitenwände sind dicht besetzt mit kleinen (0·004 Mm.) querelliptischen Spaltentüpfeln. Die Querwände sind vollkommen resorbirt, nur die engen spindelförmigen Tracheiden sind nicht perforirt. Die zarten concentrischen Ringe, durch welche der Querschnitt sich schon dem unbewaffneten Auge charakterisirt, rühren von Parenchymzellen her, welche eine, hie und da zwei Zellen breite, sehr regelmässige tangentiale Reihen bilden. Sie sind axial gestreckt, in den Dimensionen des Querschnittes nahezu mit dem Libriform übereinstimmend; aber weitlichtiger als dieses und mit citronengelbem, harzigem Inhalt erfüllt, der auch vielen Gefässen und den Markstrahlzellen zukommt. Die Libriformfasern sind nur 0·012 Mm. breit, stark verdickt und nur selten von Spalten durchbohrt.

Die Markstrahlen sind aus einer Reihe in radialer Richtung stark verlängerter Zellen gebildet, welche sonst in allen Punkten dem Parenchym ähnlich sind.

APOCYNACEAE.

Die beiden Arten sind nicht unwesentlich verschieden.

Die Gefässe bei *Tabernaemontana* sind regellos zerstreut, dünnwandig, daher ihr Contour durch die Nachbarzellen in unregelmässige Formen gedrückt. Sie sind spiralig verdickt. Die Gefässe bei *Nerium* sind grösser, stark verdickt und regelmässig contourirt. Die Spirale fehlt ihnen.

Dieses Verhältniss ist um so auffallender, als gerade bei der ersteren die Libriformfasern stärker verdickt sind, während sie bei *Nerium* relativ dünnwandig (den Gefässformen gleich) und weitlichtig sind. Diese haben auch behöfte Tüpfel.

Tabernaemontana coronaria Br. (*Nerium divaricatum* L.).

Die Jahresgrenzen sind angedeutet; Markstrahlen zahlreich und fein. Unter der Loupe erscheint der Querschnitt sehr fein punktirt.

Die Gefässe sind regellos zerstreut, unregelmässig contourirt und im Durchmesser zwischen 0·015 bis 0·03 Mm. schwankend. Sie sind beiderseits zugespitzt und stehen unter einander durch seitlich angebrachte runde Löcher in Verbindung. Die Seitenwand trägt verhältnissmässig spärliche, rundlich behöfte Spaltentüpfel (0·005) und eine spiralige Verdickung.

Unabhängig von den Gefässen sind die in nicht geringer Menge zerstreut vorkommenden Parenchymzellen, deren Durchmesser und Wanddicke jener der kleinen Gefässe gleichkommt; sie sind reichlich von Poren durchbohrt.

Die Libriformfasern sind im Mittel gleichfalls 0·015 Mm. breit, aber ungleich stärker verdickt und von wenigen, feinen Spalten durchsetzt.

Die Markstrahlen sind 1—3reihig. Die Zellen sind radial bedeutend gestreckt, in Lumen und Verdickung mit dem Parenchym nahe übereinstimmend und so wie dieses einen Inhalt führend, der aus gelben, stark lichtbrechenden Tröpfchen besteht.

Das Holz ist von gleichmässig hellbrauner Farbe, nicht besonders hart, aber leicht spaltbar.

Nerium Oleander L.

Dem unbewaffneten Auge erscheint der Querschnitt vollkommen homogen. Unter der Loupe erkennt man die dichten und feinen Markstrahlen und radial gereihte, kleine Gefässporen.

Die Gefässe sind stark verdickt, regelmässig contourirt und bis 0·05 Mm. weit. Die Querwände sind wenig geneigt und vollkommen durchbrochen. Die Seitenwände sind dicht besetzt mit sehr kleinen Spaltentüpfeln. Es kommen auch spindelige, nicht perforirte Formen vor, nicht aber Fasern, welche mit dem Libriform in irgend einer Beziehung ähnlich wären.

Dieses besteht nämlich aus langen, scharf gespitzten, 0·02 Mm. breiten und wenig verdickten Fasern. Sie sind von kleinen Poren durchbohrt, welche von einer schiefen Spalte gekreuzt werden.

Parenchymzellen sind nur in äusserst beschränkter Zahl vorhanden.

Die Markstrahlen bestehen aus einer oder zwei Reihen weitlichtiger Zellen.

Die Heimat des Oleander ist das Mittelmeergebiet. Das Holz ist weiss, sehr gleichmässig und hart.

GENTIANACEAE.

Tachia Guyanensis Aubl. (*Myrmecia scandens* W.).

Fig. 36.

Ausser einer regelmässigen radialen Streifung ist mit unbewaffnetem Auge nichts zu unterscheiden Unter der Loupe sieht man, dass die glänzend weissen Markstrahlen um Mehrfaches breiter sind, als die dunkeln, gelben Holzstrahlen, in welchen die spärlichen Gefässe eingestreut sind. Wegen der geringen Breite der Holzstrahlen ist eine helle concentrische Zonenbildung nur bei aufmerksamer Betrachtung wahrzunehmen.

Die Gefässe von sehr verschiedener, 0·1 Mm. erreichender Grösse, bilden meist kleine Gruppen, welche die ganze Breite des Holzstrahles einnehmen, sogar über die Ränder desselben hinausgreifen. Sie sind dünnwandig und mit querelliptischen (0·006 Mm.) Tüpfeln dicht besetzt.

In ungleichen Abständen wird der Holzstrahl durch tangentiale Parenchymbänder unterbrochen. Die Zellen sind dünnwandig, porös, 0·02 Mm. breit und kommen vereinzelt im Libriform, in grösserer Menge in der Umgebung der Gefässe vor.

Die Breite der Holzstrahlen ist sehr verschieden, immer aber sehr gering gegenüber den breiten Markstrahlen. Es kommen welche vor, die nur aus drei radialen Libriformreihen bestehen, bis zu 0·15 Mm. Breite.

Die Libriformfasern sind etwa 0·012 Mm. breit, mässig verdickt und von kleinen, seltenen Poren durchbohrt.

Die Markstrahlzellen sind dünnwandig, porös, ausserordentlich gross, von 0·04—0·06 Mm. Bis zu 10 Reihen solcher Riesenzellen setzen einen Strahl zusammen.

Das Holz wurde unter dem Namen „Quassia paraënsis“ medicinisch angewendet. „Raiz de Jucaré-ara“ oder „Caferara“ ist ein Volksmittel in Brasilien gegen Intermittens.

VERBENACEAE.

Die Gefässe sind von Parenchym umgeben, welche nur bei *Citharexylum* in grösserer Menge vorkommen, so dass sie tangentiale Bänder bilden.

Die Gattungen zeigen im feineren Baue Unterschiede, die es mir unstatthaft erscheinen lassen, durch Zusammenstellung der gemeinsamen Charactere ein Bild der Ordnung zu entwerfen, welches der Natur nicht entsprechen würde. Nur die Gattung *Avicennia* sei hervorgehoben, weil dieselbe durch den Steinzellenring vor allen anderen charakterisirt ist. Ich fand denselben an Herbarexemplaren aus dem hiesigen botanischen Garten, deren Provenienz unzweifelhaft ist. Die Angaben von Sanio (Bot. Ztg, 1863) über *Avicennia* kann ich nicht bestätigen. Sie beziehen sich offenbar auf eine andere Stammpflanze, da die Steinzellen unmöglich übersehen werden konnten, und derselben keine Erwähnung geschieht.

Lantana Camara L.

Die Jahresgrenzen und Markstrahlen sind kenntlich. Die Gefässporen sind zerstreut und stehen dichter am Anfange der Jahresringe.

Die Weite der Gefässe ist bedeutenden Schwankungen unterworfen. Nicht selten findet man einen Durchmesser von 0·18 Mm. und durch Zwischenstufen bis zur Breite der Libriformfasern: 0·015 Mm. Die Tüpfel sind klein, spaltenförmig, querelliptisch behöft (0·003 Mm.). Die grossen Gefässe stossen mit wenig geneigten Querwänden aneinander, welche vollkommen resorbirt sind; die engen Gefässe sind spindelförmig, mit einem seitlichen Loch oder ohne Perforation.

Die Parenchymzellen sind weder im Lumen noch in der Verdickung wesentlich vom Libriform verschieden, daher auf Querschnitten kaum zu unterscheiden. Sie umgeben die Gefässe, sind axial gestreckt und reichlich von grossen Poren durchsetzt. Sie kommen in ziemlich beträchtlicher Menge vor.

Die Libriformfasern haben sehr feine Spalten. Die Markstrahlen sind 1—4reihig. Die Zellen sind nur wenig radial gestreckt, häufig quadratisch, weitlichtig (0·025 Mm.) und klein porös.

Der Stamm dieses brasilianischen Strauches erreicht (wie aus dem vorliegenden Muster ersichtlich) einen Durchmesser von 7 Cm. Das Holz ist hellbraun und ansehnlich hart.

Petrea arborea Kunth.

Die Jahresgrenzen sind wenig deutlich, dagegen sind die Markstrahlen sehr gut sichtbar. Unter der Loupe erkennt man ausser den breiten, auch ausserordentlich feine Markstrahlen und Gefässporen.

Die Zahl der Gefässe ist sehr verschieden. In manchen Vegetationsperioden kommen sie in grosser Menge, in anderen nur sehr spärlich vor. Sie sind isolirt oder zu kleinen Gruppen vereinigt, ohne Regelmässigkeit der Anordnung. Ihr Querschnitt ist rundlich oder elliptisch, 0·036 Mm. breit bis herab auf 0·015 Mm. Sie sind stark verdickt und dicht mit kleinen, kreisrund behöften Tüpfeln besetzt.

Auch hier finden sich Parenchymzellen und Ersatzfasern in der Umgebung der Gefässe, aber in geringer Menge. Sie sind etwas weitlichtiger als das Libriform und reich porös.

Nicht selten werden conjugirende Zellen beobachtet.

Die Libriformfasern sind 0·015 Mm. breit, mässig verdickt und von feinen Spalten durchsetzt.

Die breiten Markstrahlen sind 4—5 Zellen breit. Zwischen ihnen verlaufen einreihige Strahlen. Die Zellen sind weitlichtig, in radialer Richtung meist bedeutend gestreckt und reich porös.

Ein kleiner Baum des tropischen Amerika, dessen Holz schön hellbraun, dicht und hart ist.

Vitex Agnus-castus L.

Die Markstrahlen sind deutlich. Unter der Loupe sieht man, dass die Poren nach aussen an Grösse und Zahl bedeutend abnehmen.

Die Gefässe sind meist isolirt, hie und da auch zu kurzen radialen Reihen vereinigt. Ihr Querschnitt ist regelmässig contourirt. Der Durchmesser erreicht im Frühlingsholze 0·06 Mm. und sinkt im Herbstholze bis auf 0·015 Mm. Sie sind nicht stark verdickt und mit kleinen, kreisrund behöften Tüpfeln dicht besetzt. Die Querwände sind stark geneigt und von einem centralen Loche durchbohrt.

Parenchymatische Elemente kommen nur in verschwindend geringer Menge vor.

Die Libriformfasern sind 0·015 Mm. breit, mässig verdickt.

Die Markstrahlen bestehen aus 1—3 Reihen weitlichtiger Zellen.

Ein Strauch des südlichen Europa. Die Priesterinnen der Ceres bereiteten aus den Zweigen desselben ihr keusches Lager. Heute dienen sie zu Flechtwerk.

Tectona grandis L. fil. [1]

Fig. 37.

Die feinen Markstrahlen sind einander sehr genähert und aus der geradlinigen Richtung meist abgelenkt. Die Poren sind gross und erscheinen, weil sie ausgefüllt sind, hell auf dunkelbraunem Grunde.

Unter dem Mikroskope ist das Verhältniss umgekehrt. Der Inhalt der Gefässe, der Parenchymzellen und Markstrahlen, anscheinend eine harzige Masse, ist dunkel gefärbt gegenüber dem hellen Grundgewebe aus Libriform.

Die Gefässe, 0·15 Mm. weit und stark verdickt, stehen häufig isolirt, oder es schliessen sich in radialer Richtung einige kleinere Gefässe an ein grösseres an. Sie sind fast ausnahmslos von Stopfzellen erfüllt, die, nur in Trümmern vorhanden, das Material zu dem schon erwähnten harzigen Inhalt geliefert zu haben scheinen. Die Seitenwände haben breit-elliptische Tüpfel.

Unmittelbar angelagert finden sich Parenchymzellen in geringer Menge, welche wenig breiter und weitlichtiger sind, als das Libriform. Dieses besteht aus 0·018 Mm. breiten Fasern, von denen viele durch mehrere feine Scheidewände gefächert sind.

Die Markstrahlen bestehen aus 1—3 Reihen stark gestreckter, im Allgemeinen weitlichtiger Zellen.

Der Tekbaum bildet in Ostindien und auf den Sunda-Inseln ausgedehnte Wälder, welche unter dem Schutze der Regierung stehen. Auf Bourbon heisst er „Bois puant", auf Java „Jati" und in Cochinchina „Cay Sao". Das Holz ist sehr hart, dunkel, dem Mahagony ähnlich. Es ist das beste und dauerhafteste unter allen bekannten Hölzern, und die daraus gebauten Schiffe sollen alle anderen dreimal überdauern. Die Eingebornen verfertigen aus demselben ihre Wasserbehälter, weil es wegen seines bitteren Geschmackes das Trinkwasser verbessert.

Citharexylum quadrangulare Jacq.

Der Querschnitt lässt keine Jahresgrenze unterscheiden. Die feinen Markstrahlen werden von abwechselnd hellen und dunkeln, wellig verlaufenden, dünnen Bändern gekreuzt. Die Loupe ergänzt dieses Bild durch isolirte oder in kurzen radialen Reihen stehende Gefässporen.

Der Durchmesser der Gefässe übersteigt selten 0·1 Mm. Sie sind dünnwandig und sehr dicht mit kreisrund behöften (0·006 Mm.) Spaltentüpfeln besetzt. Nicht selten enthalten sie Thyllen und eine orangegelbe, harzige Masse.

Parenchymzellen umgeben die Gefässe, und ihre Lagen werden seitlich so mächtig, dass sie zu unregelmässigen tangentialen Bändern zusammenschliessen. Sie sind weitlichtig, dünnwandig, porös und enthalten einzelne rothbraune Körner.

Die Libriformfasern sind 0·018 Mm. breit und stark verdickt.

Die Markstrahlen sind 1—3reihig, hie und da zu scheinbar breiten Strahlen genähert. Die Zellen unterscheiden sich nur durch die verschiedene Richtung ihres grössten Durchmessers von den Parenchymzellen.

Ein Baum der Antillen, wo er „Bois côtelet carré" genannt wird. Das Holz ist gelb-röthlich, von mässiger Härte und dient zur Verfertigung musikalischer Instrumente („bois de guitarre, fidel-wood").

Citharexylum caudatum L.,
Citharexylum erectum Jacq.

Das Loupenbild unterscheidet sich von dem vorigen durch die grösseren Gefässporen und die breiteren tangentialen Binden.

Die Gefässe erreichen den grössten Durchmesser von 0·15 Mm. Die Libriformfasern sind etwas breiter und weniger verdickt. Sonst sind die Elemente in Anordnung und Bau analog der vorigen Art.

---

[1] Wiesner, Rohstoffe, p. 591.

Citharexylum giganteum.

Die welligen Bänder von Parenchym und Libriform sind breiter. Die Gefässe kaum je isolirt, in radialen Reihen oder Gruppen vereinigt, von verschiedener, meist beträchtlicher Grösse (bis 0.12 Mm.). Parenchymzellen 0·03 Mm. weit, Libriform weniger breit (0·024 Mm.), stark verdickt.

Avicennia africana P. de Beauv.[1]

Fig. 38 und 39.

Auf der Querschnittsfläche von dunkelbrauner Farbe verlaufen in nahezu gleichen Abständen von etwa 2 Mm. helle concentrische Kreislinien, welche sich hie und da gabelig theilen, auch wohl durch ein kurzes queres Verbindungsstück mit einander anastomosiren. Dazwischen sind zahlreiche helle Punkte regellos zerstreut. Unter der Loupe erscheinen die Markstrahlen als helle, zarte, sehr genäherte Linien.

Mikroskopischer Befund: Der Holzkörper ist durch parallele, geschlossene Steinzellenringe geschichtet. An die Steinzellen grenzt zunächst eine Lage Parenchym und hierauf, als das quantitativ hervorragendste Element, Libriform, in welchem die Gefässe eingebettet liegen.

Die Gefässe, isolirt, oder kurze radiale Reihen bildend, sind regellos angeordnet. Ihr Durchmesser ist verschieden, übersteigt aber nicht 0·06 Mm. Sie sind stark verdickt, die Querwand fast horizontal, die Seitenwand ausserordentlich fein getüpfelt. Einige sind erfüllt, andere enthalten in geringerer Menge eine stark lichtbrechende, rothbraune, harzige Masse, welche sich auch in den meisten Parenchym- und Markstrahlzellen findet.

Die Libriformfasern sind im Mittel 0·015 Mm. breit, glatt, fein zugespitzt, sehr stark verdickt und von sehr schiefen Spalten durchbohrt.

Parenchymatische Elemente kommen nur spärlich in der Umgebung der Gefässe und im Libriform vor. Als Zellen und Ersatzfasern stimmen sie mit diesem in der Breite überein, sind aber dünnwandig und porös. Verschieden von diesen sind die in grosser Menge als zusammenhängende Schichte vorkommenden sklerenchymatischen und diesen beiderseits angrenzenden dünnwandigen Zellen. Jene zeigen auf Quer- und Längsschnitten quadratische oder radial gestreckte rechteckige Formen. Isolirt sind sie parallelepipedisch oder abgerundet sechseckig mit dem Durchmesser von 0·03 Mm. Sie sind bis auf ein punkt- oder spaltenförmiges Lumen verdickt und von zahlreichen Porencanälen durchzogen. Die dünnwandigen Zellen sind abgerundet polygonal oder rechteckig und häufig mit den Steinzellen von gleicher Grösse.

Die Markstrahlen sind 1—3reihig, durch Gefässe aus der Richtung oft abgelenkt. So lange sie im Libriform verlaufen, sind die Zellen schmal und radial gestreckt. Beim Übertritte in die Parenchymschichte verbreitern sie sich und sind von den Nachbarzellen nicht zu unterscheiden. Weiterhin werden auch sie in Steinzellen verwandelt.

Die Heimat dieses Baumes ist Guinea und Senegambien. Das vorliegende Holzmuster stammt von Gabon und trägt die Bezeichnung „Garigari". Es ist ausserordentlich hart und schwer.

Avicennia nitida Jacq.

Der Querschnitt ist durch helle Kreislinien concentrisch geschichtet und fein punktirt. Mit Hilfe der Loupe unterscheidet man die zarten Markstrahlen und radiale Porengruppen, welche von einem schmalen, hellen Hofe umsäumt sind.

Im Bau der Elemente stimmt diese Art mit der vorigen überein. Sie unterscheidet sich von derselben wesentlich nur durch die geringere Breite des Steinzellenringes, welcher fast durchgehends nur aus einer Reihe pflastersteinförmiger, kleiner (0·015 Mm.) Steinzellen besteht. In den sie umsäumenden dünnwandigen Parenchymzellen habe ich, sowie in allen anderen Elementen des Holzes, den harzigen Inhalt vermisst.

---

[1] Moeller, Neue Formelemente etc. Sitzungsb. d. k. Akad. d. Wiss. LXXIII, 1, 1876.

CORDIACEAE.

Cordia Gerascanthus ist von *Cordia microphylla* und *Varronia* so verschieden, dass als gemeinsamer Charakter nur die regellos zerstreuten, von Parenchym umgebenen Gefässe angeführt werden können. Die beiden letzteren dagegen zeigen eine wesentliche Übereinstimmung des Baues und eine unverkennbare Zusammengehörigkeit.

Eine, so weit mir bekannt, bisher noch nicht beobachtete Erscheinung bietet *Cordia Gerascanthus* in den zu Steinzellen umgewandelten Thyllen.

In *Cordia pallida* beschreibt Sanio (Vergl. Unters. Bot. Ztg. 1863) conjugirendes Holzparenchym und in den Ersatzfasern ausser den Poren auch Spaltentüpfel.

Cordia Gerascanthus Jacqu.

Fig. 41.

Die äusserst feinen und dichten Markstrahlen sind mit Mühe zu unterscheiden. Über den ganzen Querschnitt sind Poren gleichmässig zerstreut, welche von einem hellen Hofe umgeben sind.

Die Gefässe stehen allein oder zu Gruppen vereinigt, in welch' letzterem Falle die Lumina gegenseitig abgeflacht werden. Die Durchmesser sind verschieden, erreichen nicht selten 0·1 Mm. Sie sind stark verdickt, die Querwände sind wenig geneigt, die Seitenwände dicht mit grossen (0·009 Mm.), rundlich behöften Spaltentüpfeln besetzt. Die meisten sind mit Stopfzellen erfüllt, welche in allen Übergängen zu finden sind, von der dünnwandigen porösen Zelle bis zu der concentrisch geschichteten und von verzweigten Porencanälen durchzogenen Steinzelle.

Parenchymzellen und Ersatzfasern kommen in der Umgebung der Gefässe in ansehnlicher Menge vor.

Das Libriform ist aus einfachen und gefächerten, 0·018 Mm. breiten und stark verdickten Fasern zusammengesetzt.

Die Markstrahlen sind 1—3reihig. Die Zellen sind in radialer Richtung bedeutend gestreckt.

Der Baum stammt von den Caraïben. Das Holz ist gelbbraun, hart und schwer. Als Bois de Chypre ist es in Westindien ein bekanntes und geschätztes Zimmerholz.

Cordia microphylla Roem. et Schult.

Mit unbewaffnetem Auge erkennt man die hellen, feinen Markstrahlen und zahlreiche zerstreute Gefässporen.

Die meist allein stehenden, seltener kleine Gruppen bildenden Gefässe sind dünnwandig, 0·15 Mm. und darüber weit, sehr dicht mit 0·006 Mm. grossen Tüpfeln besetzt und häufig nicht perforirt, d. h. die spindelförmigen Enden sind ebenso wie die Seitenwände getüpfelt. Dünnwandige Parenchymzellen umgeben in geringer Menge die Gefässe.

Die Libriformfasern sind auffallend weit (0·025 Mm.) und dünnwandig.

Die Markstrahlen sind aus 1—5 Reihen weitlichtiger und dünnwandiger Zellen gebildet.

Das Holz dieser wenig gekannten, auf Hispaniola heimischen Art ist hellfarbig und weich.

Varronia abyssinica DC. (*Cordia africana* Lam.).

Fig. 40.

Ist von der vorigen makroskopisch nicht verschieden.

Die Gefässe haben dieselbe Anordnung, sind aber nicht über 0·1 Mm. weit. Mit den angrenzenden parenchymatischen Zellen stehen sie durch grosse Lochtüpfel in Verbindung, die Querwände sind mitunter leiterförmig durchbrochen. Die Libriformfasern sind weit und dünnwandig, fast durchwegs gefächert.

CONVOLVULACEAE.

Convolvulus floridus Lin.

Fig. 42.

Mit freiem Auge unterscheidet man auf dem Querschnitte kaum mehr als äusserst feine, helle, in grossen Abständen verlaufende, concentrische Kreise. Unter der Loupe treten die zarten Markstrahlen und spärliche, zerstreute Gefässe deutlich hervor.

Die Gefässe stehen immer isolirt und sind nicht über 0·06 Mm. weit. Sie haben kleine Poren, welche von einem 0·006 Mm. breiten kreisrunden Hofe umgeben sind.

Die concentrischen Kreise am Querschnitte sind nicht der Ausdruck der Jahresgrenze, sondern sie rühren von Parenchymschichten her, welche in einer Breite von 3—4 Zellen ununterbrochene tangentiale Reihen bilden. Ausserdem kommen auch im Grundgewebe kleine Parenchymgruppen vor. Die Parenchymzellen sind axial gestreckt, von nahezu demselben Durchmesser wie das Libriform, aber weniger, wenngleich immer noch beträchtlich verdickt. Ihre zahlreichen Poren sind gross (0·006 Mm.), unbehöft.

Das Grundgewebe besteht aus 0·018 Mm. breiten Fasern, welche ausserordentlich stark verdickt und mit behöften Tüpfeln reich besetzt sind. Über den feineren Bau dieser Tüpfel geben Querschnitte genügend Aufschluss. Vom Lumen der Faser verläuft ein feiner Canal gegen die Peripherie, und erst hier verbreitert er sich und bildet mit dem Tüpfel der benachbarten Faser einen flach linsenförmigen Raum.

Die Markstrahlen sind 1—3reihig. Die Zellen sind weitlichtig, stark verdickt und reich porös wie das Parenchym.

Das von den Canarischen Inseln stammende Rosenholz, *Lignum Rhodii*, ist hell wachsgelb, beinhart und schwerer als Wasser. Es ist nur im frischen Zustande wohlriechend.

SOLANACEAE.

Bei der Gattung *Solanum* sind die parenchymatischen Elemente in verschwindend geringer Menge vertreten. Das Holz besteht aus Gefässen und Fasern in wechselndem Verhältniss. Bei *S. Dulcamara* überwiegen erstere, bei *S. pseudo-capsicum* die letzteren.

Die Gefässe sind einigermassen im Baue verschieden, gemeinsam ist die Tendenz zur spiraligen Verdickung, welche bei den engeren Gefässen und den nicht perforirten Tracheiden constant vorkommt. Die Fasern sind bei geringer Breite stark verdickt und auffallend kurz. Es lassen sich in Beziehung auf das Relief zwei Formen unterscheiden. Die eine, weitaus häufigste, entbehrt der Tüpfelung und trägt ein enge gewundenes Spiralband. Ich nehme keinen Anstand, sie als Libriform zu bezeichnen, da ihr die der Gefässformation zukommende Tüpfelung fehlt, und ich bei *Leucadendron* gezeigt habe, dass auch die Bastfaserformation spiralig verdickt sein kann. Sie stimmt auch in der äusseren Form und in ihren Dimensionen mit den in viel geringerer Menge vorkommenden echten Libriformfasern überein, welche glattwandig und von wenigen, sehr feinen Spalten durchbohrt sind.

Solanum Dulcamara L.[1]

Die Herbstzone ist durch den Mangel an Gefässen von dem viel breiteren porösen inneren Theile des Jahresringes verschieden. Markstrahlen werden selbst mit Hilfe der Loupe nicht aufgelöst.

Die zahlreichen Gefässe sind über den ganzen gefässreichen Theil des Jahresringes gleichmässig zerstreut und von verschiedener, von der Lage unabhängiger Grösse. Der grösste Durchmesser übersteigt nicht 0·075 Mm. Der Tüpfelhof ist kreisrund (0·006 Mm.), mit spaltenförmigem oder rundem Tüpfelcanal. Die engeren Gefässe und Tracheiden sind überdies spiralig verdickt. Das Gewebe zwischen den Gefässen und die gefässfreie Zone im Herbstholze besteht der Hauptmasse nach aus spindelförmigen, spiralig verdickten

[1] Berg, Anatom. Atlas, XXV. — Vogl, Comm. z. oest. Pharm. p. 287.

Fasern, spärlichen Fasern ohne Relief und einigen wenigen porösen Ersatzfasern. Die beiden ersten Formen müssen als Libriform angesprochen werden, weil ihnen die Tüpfelung der Gefässformation fehlt.

Die Markstrahlen sind einreihig.

Die Bittersüss-Stengel finden medicinische Verwendung.

Solanum pseudo-capsicum L.

Die Jahresringe sind scharf abgegrenzt. Die feinen Markstrahlen und Gefässporen unterscheidet man nur mühsam unter der Loupe.

Die Gefässe stehen in Gruppen, nur hie und da steht eines isolirt, und lassen nur undeutlich eine Tendenz zur tangentialen Anordnung erkennen. Sie sind durchwegs enge, kein Durchmesser übersteigt 0·03 Mm. Die Tüpfel bestehen aus einer von einem rundlichen Hofe (0·004 Mm.) umgebenen Querspalte. Die grossen Gefässe sind oft, die kleinen immer spiralig verdickt.

Das Grundgewebe scheint am Querschnitte aus gleichartigen Elementen zu bestehen, es ist aber aus Tracheiden, Parenchym und Libriform zusammengesetzt, welche bei mässiger Verdickung nahezu dieselbe Breite von 0·012 Mm. besitzen. Die Tracheiden tragen ein enges Spiralband; ebenso die meisten ungetüpfelten Libriformfasern, die Parenchymzellen und Ersatzfasern sind durch Poren gekennzeichnet.

Die Markstrahlen bestehen aus einer oder zwei Reihen weitlichtiger Zellen.

Der Korallenbaum ist ein auf Madeira und Mauritius heimischer Strauch, welcher in Süd-Amerika häufig cultivirt, nun verwildert zu sein scheint. Das Holz ist hellgelb, sehr homogen und ziemlich weich.

SCROPHULARIACEAE.

Isoplexis Sceptrum Lindl.

Die Jahresringe sind wenig deutlich erkennbar. Markstrahlen verlaufen in grossen Abständen. Unter der Loupe erkennt man nur mit Mühe helle zerstreute Pünktchen.

Die Gefässe sind immer isolirt und regellos zerstreut. In der Grösse sind sie nur wenig von einander verschieden; sie messen im Mittel 0·02 Mm. Sie endigen stumpf, mit wenig geneigten Querwänden. Die Seitenwände sind dicht mit kleinen (0·004 Mm.) elliptischen behöften Spaltentüpfeln besetzt.

Das Grundgewebe besteht ausschliesslich aus Libriform. Die Fasern sind kurz, häufig stumpf endigend, 0·015 Mm. breit, mässig verdickt und reich getüpfelt. Sie lassen am Querschnitte radiale Anordnung erkennen.

Die Markstrahlen verlaufen in sparsamen, drei oder vier Zellen breiten Reihen. Die Zellen sind reich porös und erreichen oft den Durchmesser der Gefässe.

Ein auf der Insel Madeira heimischer Strauch, dessen hell gefärbtes Holz sehr gleichmässig dicht und ziemlich hart ist.

ACANTHACEAE.

Trichanthera gigantea Kunth.

Mit unbewaffnetem Auge erkennt man am Querschnitte nur die Markstrahlen. Unter der Loupe treten gleichmässig zerstreut nahezu gleich grosse Poren auf.

Die Gefässe stehen isolirt oder in kurzen radialen Reihen. Sie sind im Mittel 0·06 Mm. weit, wenig verdickt und dicht mit quer-elliptischen, schmal behöften Tüpfeln besetzt.

Spärliches Parenchym umlagert die Gefässe.

Das Libriform zeigt radiale Anordnung. Die Fasern sind weitlichtig (0·015 Mm.), wenig verdickt, fein getüpfelt und oft gefächert. Auf den tangentialen Flächen ist die Verdickung von zahlreichen schiefen Spalten durchsetzt.

Die Markstrahlen sind 1—3reihig. Die Zellen sind radial gestreckt, sehr weitlichtig und enthalten Kalkoxalat in Form grosser, drusiger Klumpen.

Ein kleiner südamerikanischer Baum mit weissem, weichem Holze.

BIGNONIACEAE.

Alle Gattungen sind durch einen Ring grosser Gefässe am Anfange des Jahresringes ausgezeichnet. Die später gebildeten Gefässe sind kleiner und tangential geordnet bei *Bignonia*, zerstreut bei *Catalpa* und bei der gefässreichen *Tecoma* kaum in die Augen fallend. Im Baue der Gefässe stimmen alle nahe überein, Thyllenbildung ist allgemein; die Unterschiede in der Grösse des Lumens und der Tüpfel sind unwesentlich. Wie überall sonst sind die engeren Gefässe häufig nicht perforirt; besonders zahlreiche Tracheiden hat *Tecoma*. Sie sind spiralig verdickt.

Parenchym kommt überall vor, seine Anordnung ist aber verschieden. Bei *Bignonia* bildet es ununterbrochene concentrische Binden, in welchen die Gefässe liegen. Bei *Tecoma* und *Catalpa* kommt es nur in geringer Menge vor, als Umhüllung der Gefässe und im Grundgewebe zerstreut.

Das Libriform ist im Allgemeinen wenig verdickt, und bezüglich des Baues sind nur die äusserst dünnwandigen Fasern von *Catalpa* hervorzuheben, welche nach der Maceration (Schultze) und längerer Einwirkung von Chlorzinkjod, eine sehr weitläufige, zarte Spiralwindung zeigen.

Es möge hier die Beschreibung des Palisanderholzes (Polixander, Sakardan, Succadon, Black-rose wood) Platz finden, obwohl es mir zweifelhaft scheint, dass dasselbe von einer Bignoniacee abstamme.

Jacaranda brasiliana Pers.

Fig. 43.

Schon mit unbewaffnetem Auge unterscheidet man die ziemlich grossen Poren und eine zarte, gewellte concentrische Zeichnung auf dem Querschnitte. Unter der Loupe erscheinen die isolirten, häufiger in kurzen radialen Reihen stehenden Gefässe von einem schmalen, helleren Hofe umgeben. Die Markstrahlen sind fein und dicht gereiht.

Die Gefässe erreichen den Durchmesser von 0·15 Mm. Sie sind stark verdickt und mit ziemlich grossen (0·006 Mm) rundlichen Poren besetzt. An vielen Stellen ist aber die Wand in die harzige Masse aufgegangen, welche den Inhalt der meisten Gefässe ausmacht.

Das Parenchym bildet unregelmässige, vielfach unterbrochene tangentiale Reihen von 1—4 Zellen Breite. In ihrem Verlaufe berühren und umgreifen sie die Gefässe, in welchem Falle diese in eine grössere Parenchymgruppe eingelagert sind. Sonst finden sich ihnen nur spärliche Parenchymzellen angelagert.

Die Libriformfasern sind 0·015 Mm. breit und sehr stark verdickt.

Die Markstrahlen sind 1—2reihig. Die Zellen sind radial bedeutend gestreckt, aber nicht sehr hoch, selten über 0·015 Mm.

Das Palisanderholz ist rothbraun mit dunkeln, fast schwarzen Streifen. Es ist sehr hart und schwer, und zählt zu den kostbarsten Hölzern.

Bignonia sp.

Ausser den breiten Jahresringen ist auf dem Querschnitte noch eine concentrische Ringbildung bemerkbar. Die Markstrahlen sind von ungleicher Breite. Unter der Loupe erkennt man, dass die tangentialen Zonen durch ein die grösseren Gefässporen verbindendes Gewebe gebildet werden.

Die Gefässe in Gruppen oder allein stehend, in letzterem Falle mit kreisrundem Querschnitt, sind am Anfange der Vegetationsperiode grösser (0·15 Mm.) und so zahlreich, dass sie einen breiten porösen Ring bilden. Späterhin werden sie, wenngleich nicht beträchtlich, kleiner, und ihre Zahl nimmt bedeutend ab. Ihre Bildung wiederholt sich in regelmässigen Zwischenräumen, so dass concentrische Gefässringe entstehen.

Die Gefässe [1] sind derbwandig, sehr klein getüpfelt und von dünnwandigen, porösen Stopfzellen erfüllt. Die Schichtung des Holzes wird auffälliger dadurch, dass die Gefässe von äusserst dünnwandigen, weitlichtigen (0·025 Mm.) Parenchymzellen umgeben sind, welche seitlich zu einer ununterbrochenen Schichte zusammenschliessen.

Das mit den Parenchymbändern abwechselnde Libriform besteht aus kurzen, breiten (0·02 Mm.), wenig verdickten Fasern, die äusserst wenig Tüpfel besitzen.

Die Markstrahlen sind 1—5reihig. Die Zellen sind so gross wie die des Parenchyms, aber derbwandiger.

Tecoma radicans Juss. (*Bignonia radicans* L.).

Nur die ersten Jahresringe sind dicht, die äusseren sind so reich von Poren durchsetzt, dass das Zwischengewebe ganz in den Hintergrund gedrängt wird.

Gefässe und Tracheiden bilden den vorwiegenden Bestandtheil des Holzes. Erstere sind 0·15 Mm., selbst darüber weit, wenig verdickt, mit rundlich behöften (0·005 Mm.) Tüpfeln dicht besetzt und häufig mit Stopfzellen erfüllt. Die Tracheiden sind spindelförmig, ebenso getüpfelt wie die Gefässe und überdies spiralig verdickt. Sie erfüllen, vereint mit den Parenchymzellen, den Raum zwischen den Gefässen, so dass das Libriform auf kleine Gruppen beschränkt wird und nur im äusseren Theile des Jahresringes in einer zusammenhängenden Schichte vorkommt. Die 1—2reihigen Markstrahlen sind vielfach hin- und hergebogen.

Catalpa bignonioides Walt. (*Catalpa syringaefolia* Sims., *Bignonia Catalpa* L.)

Fig. 44.

Der Querschnitt ist durch verschieden breite Porenringe concentrisch geschichtet. Die Markstrahlen sind sehr fein.

Die grossen Gefässe (0·12 Mm.) im Frühlingsholze sind zahlreich und flachen sich gegenseitig ab. Nach aussen sind sie kleiner und spärlich. Sie sind dicht mit rundlichen (0·06 Mm.) Tüpfeln besetzt, die kleineren auch spiralig verdickt. Sie sind von einer dünnen Lage parenchymatischer Zellen umgeben, welche übrigens auch im Libriform zerstreut gefunden werden.

Die Libriformfasern sind äusserst dünnwandig, 0·012 Mm. breit, und nach längerer Einwirkung von Chlorzinkjod erkennt man in allen eine sehr weit gewundene Spirale.

Die Markstrahlen sind oft aus ihrer Richtung abgelenkt, aus einer oder zwei Reihen radial gestreckter Zellen bestehend.

Das Holz der im östlichen Nord-Amerika einheimischen *Catalpa* ist weich.

CYRTANDRACEAE.

Codazzia rosea Krst.

Die Markstrahlen sind mit freiem Auge kenntlich. Unter der Loupe treten gleichmässig zerstreute Poren auf, welche nahezu gleich gross sind, und isolirt, in kleinen Gruppen oder in kürzeren oder längeren Reihen stehen.

Die Lumina der Gefässe und Tracheiden schwanken zwischen 0·015—0·05 Mm. Sie sind nur mässig verdickt und sehr dicht mit kleinen, rundlich behöften Tüpfeln besetzt.

Ihnen angelagert finden sich Parenchymzellen in sehr geringer Menge. Sie sind am Querschnitte oft kaum von den Libriformfasern zu unterscheiden, welche ebenso breit (0·012 Mm.) und relativ wenig verdickt sind.

Die Markstrahlen bestehen aus 1—3 Reihen weiter Zellen.

Ein sehr weiches, hellfarbiges Holz.

[1] Gefässe und Tracheiden von *Bignonia capreolata* haben eine linksläufige — in der Markkrone rechtsläufige — Spirale. Sanio, Vergl. Unters. Bot. Ztg. 1863.

THEOPHRASTACEAE.

Jacquinia armillaris L.

Breite Markstrahlen verleihen dem Querschnitte ein strahliges Ansehen. Mit Hilfe der Loupe unterscheidet man die einzelnen Markstrahlzellen und die nicht viel grösseren Gefässporen, welche im Holzstrahl spärlich zerstreut sind.

Die Gefässe stehen immer isolirt, sind nahezu gleich gross (0·035 Mm.), wenig verdickt und sehr dicht mit kleinen rundlichen Tüpfeln besetzt.

Das Parenchym fehlt.

Die Libriformfasern sind 0·02 Mm. breit, mässig verdickt und behöft getüpfelt.

Die Markstrahlen sind bis zu 0·2 Mm. breit und bestehen aus vielen Reihen grosser, radial gestreckter Zellen.

SAPOTACEAE.

Der auffällige Charakter, die concentrische Schichtung des Holzes durch die tangential verlaufenden Bänder von Parenchym kommt auch bei anderen Ordnungen in ähnlicher Weise vor. Die geringe Mächtigkeit ihrer Entwicklung, Bau und Anordnung der Gefässe, die Kleinheit aller Elemente, die schmalen Markstrahlen geben hinreichende Anhaltspunkte, um eine Verwechslung ausschliessen zu können.

Die beiden Gattungen *Imbricaria* und *Sideroxylon* sind leicht von einander zu unterscheiden, obwohl der Typus des Baues im Wesentlichen derselbe ist. Die Gefässe von *Imbricaria* sind weiter, die Tüpfel grösser. Bei *Sideroxylon* dagegen sind die Parenchymbänder breiter, die Libriformfasern nicht allein durch weit beträchtlichere Verdickung, sondern auch im feineren Bau verschieden, wodurch diese Gattung übrigens auch vor anderen gekennzeichnet ist.

Imbricaria maxima Poir.

Fig. 46.

Die Jahresringe sind undeutlich. Unter der Loupe erscheint der Querschnitt sehr zart gebändert. Die feinen Markstrahlen stehen dicht gedrängt. Die Poren sind sparsam und bilden lange radiale Reihen.

Die Gefässe stehen selten allein, meist bilden sie Reihen. Ihr Durchmesser erreicht 0·075 Mm. Die Seitenwände sind dicht mit rundlich behöften (0·006 Mm.) Spaltentüpfeln besetzt. Die Querwände sind wenig geneigt, vollkommen perforirt und in eine seitliche Spitze verlängert. Tracheiden kommen in nicht unbeträchtlicher Menge vor.

Das Parenchym bildet 1—3 Zellen breite, tangentiale, häufig unterbrochene und vielfach gekrümmte Reihen, welche zu den Gefässen in keiner Beziehung stehen. Die reich porösen Zellen sind im Mittel 0·024 Mm. breit und etwa dreimal so lang.

Das Grundgewebe besteht aus weniger breiten (0·015—0·021 Mm.), glatten Fasern, welche stark verdickt und mit kleinen, von einer schiefen Spalte gekreuzten Poren besetzt sind.

Die Markstrahlen sind ausserordentlich zahlreich, 1 oder 2reihig. Die Zellen sind den Parenchymzellen ähnlich, doch erreichen sie selten ihren Durchmesser.

Das Holz dieses auf Reunion und Mauritius heimischen Baumes (Bardothier, „Bois de natte“) ist gleichmässig dicht und ziemlich hart.

Sideroxylon cinereum Lam.

Fig. 45.

Auf dem Querschnitte erkennt man zwischen den Jahresringen zarte, wellige, concentrische Linien. Ausserdem sind grosse, gelbe Flecken unregelmässig zerstreut.

Markstrahlen sind sehr fein und dicht.

Die Gefässe, umfangreiche Gruppen in regelloser Anordnung bildend, sind stark verdickt, bis 0·06 Mm. weit, fein getüpfelt und meist mit Stopfzellen erfüllt, welche sehr grosse Krystalle enthalten.

Die von den Gefässen unabhängigen tangentialen Bänder von Parenchym sind bis fünf Zellen breit. Die Zellen sind dünnwandig, porös, axial gestreckt und ihr Durchmesser schwankt zwischen 0·01—0·02 Mm.

Das Libriform ist Bastfasern durchaus ähnlich. Es ist auf dem Querschnitte rundlich, bis auf einen engen Canal verdickt, concentrisch geschichtet und von feinen Porencanälen durchzogen. Seine Breite beträgt im Mittel 0·012 Mm.

Die Markstrahlen sind 1—2reihig. Die Zellen sind radial gestreckt, häufig weitlichtiger als die Parenchymzellen und dicht porös.

Auf Bourbon wird der Baum „Bois de fer-blanc" genannt. Das wachsgelbe Holz ist ausserordentlich hart und schwer.

EBENACEAE.

Die Gattung *Diospyros,* ausgezeichnet durch Farbe, Dichte und Härte ihres Holzes ist mikroskopisch charakterisirt durch die Anordnung der parenchymatischen Elemente. Sie umgeben einerseits die Gefässe in geringer Zahl, anderseits bilden sie schmale, meist nur eine Zelle breite, tangentiale Reihen von gebrochenem Verlaufe. Der Bau der Elemente bietet nichts Bemerkenswerthes. Nur scheint mir die Härte und Schwere des Holzes in keinem Verhältnisse zu stehen zur Entwickelung der Membranen. Diese sind zwar stark verdickt, aber die Fasern sind breit und weitlichtiger als in vielen anderen Hölzern, welche mit Beziehung auf die in Rede stehenden Eigenschaften dem Ebenholze weit nachstehen. Es erhält dieses demnach seinen hohen technischen Werth weniger durch seine anatomische Zusammensetzung, als durch eine chemische Umwandlung seiner Elemente. Da die Membranen der von der harzigen Masse erfüllten Gefässe und Fasern von dieser imprägnirt, aber sonst gut erhalten sind, lässt sich nichts über den Ausgangspunkt und die Bedeutung der Metamorphose sagen.

Diospyros Ebenum Retz. [1]

Fig. 48.

Dem unbewaffneten Auge erscheint der Querschnitt homogen. Mit Hilfe der Loupe erkennt man die sehr nahe gerückten, scharf gezogenen Markstrahlen und spärliche, oft kurze radiale Reihen bildende Gefässporen.

Die Gefässe des Kernholzes sind von dunkelbraunem oder schwarzem Inhalt erfüllt, so dass ihr Bau erst durch die Maceration erschlossen werden kann. Ihr Lumen beträgt 0·05 Mm. Die Querwände sind wenig geneigt, oft endigen sie stumpf zugespitzt. Die stark verdickten Seitenwände haben sehr kleine rundliche Tüpfel.

Die tangentialen Reihen von Parenchym sind sehr unregelmässig, häufig unterbrochen. Ihr Lumen misst 0·015 Mm., und da sie oft ohne Inhalt sind, heben sie sich von der Umgebung deutlich ab.

Das Libriform ist radial geordnet. Der Querschnitt der Fasern ist rundlich, 0·015 Mm. breit. Einzelne Fasern sind gefächert. Die Verdickung ist zwar beträchtlich, doch bleibt bei der Breite der Fasern noch ein ansehnliches Lumen zurück, welches fast ausnahmslos von einer auch in die Porencanäle eindringenden schwarzen Masse erfüllt ist.

Die Markstrahlen sind einseitig. Sie treten scharf hervor durch das weite Lumen ihrer Zellen (bis 0·03 Mm.) und durch ihren hellen, schön braunrothen Inhalt.

Das echte Ebenholz stammt von Ceylon, wird aber wegen des hoch geschätzten, schwarzen, harten, spröden und schweren Kernholzes in den Tropen cultivirt.

---

[1] Wiesner, Rohstoffe, p. 586.

Diospyros discolor Willd. (*Diospyros Mabolo* Lam.).

Fig. 47.

Auf dem Querschnitte sieht man sparsam zerstreute Poren und äusserst gedrängte, feine Markstrahlen.

Die Gefässe sind regellos zerstreut, meist isolirt, hie und da kurze radiale Reihen bildend. Das Lumen hat die Form einer radial gestreckten Ellipse mit dem grössten Durchmesser von 0·12 Mm. Die Seitenwände sind dicht mit 0·006 Mm. breiten Tüpfeln besetzt.

Spärliche Parenchymzellen umlagern die Gefässe. Ausserdem bildet das Parenchym sehr unregelmässige gebrochene tangentiale Reihen von nur einer Zelle Breite.

Das Libriform ist radial geordnet. Die Fasern sind minder breit als die Parenchymzellen, stark verdickt und von spärlichen Poren durchbohrt.

Die Markstrahlen sind immer einreihig und bestehen aus weitlichtigen, reich porösen Zellen, welche ausser einer braungelben Masse häufig grosse Einzelkrystalle enthalten.

Diese Art stammt von den Philippinen. Das der Beschreibung zu Grunde liegende Holzmuster kam von Martinique zur Ausstellung 1873. Es ist hart und schwer, aber in geringerem Grade als schwarzes Ebenholz. Seine Farbe ist hellbraun, in Roth übergehend.

Diospyros virginiana L.

Makroskopisch erkennt man auf dem Querschnitte nur nadelstichgrosse Poren. Unter der Loupe tritt eine wellige, concentrische Zeichnung rothbraun auf schwarz-violettem Grunde hervor. Die Markstrahlen sind mühsam auflösbar.

Grösse und Anordnung der Gefässe ist der vorigen gleich, doch ist der Contour ihres Lumens rund, tendirt nicht zur elliptischen Streckung. Die tangentialen Parenchymbänder sind regelmässiger und häufig breiter. Im Libriform vermisst man die radiale Anordnung, der Querschnitt der Fasern ist rundlich [1]. Alle Zellwände sind carminroth, alle Elemente enthalten eine von rothbraun bis schwarz-violett abgestufte Masse in Körnern oder Klumpen, zu welcher in den parenchymatischen Formen noch grosse Einzelkrystalle kommen.

Die Markstrahlen sind nicht selten zweireihig, die Zellen enger als die Parenchymzellen.

Die virginische Dattelpflaume „Persimon tree“ liefert sehr hartes und schweres Holz zu Maschinenbestandtheilen, Werkzeugen, Gewehrschäften, Schuhformen, Wagendeichseln u. dgl. Seine Farbe ist rothbraun, mit dunkel-violetten, fast schwarzen Masern.

ERICACEAE.

Erica arborea L.

Mit unbewaffnetem Auge erkennt man nur die Jahresgrenzen. Unter der Loupe werden die ausserordentlichen kleinen Poren, feine Markstrahlen in grösseren Abständen und zwischen ihnen feinste sichtbar.

Die Gefässe sind im Frühlingsholze nur um Weniges grösser. Sie stehen immer isolirt, sind regelmässig rundlich contourirt und haben einen Durchmesser von höchstens 0·03 Mm. Die Seitenwände haben sehr kleine unbehöfte Poren.

Parenchymatische Elemente, Zellen und Fasern kommen nur in sehr untergeordneter Menge vor. Da ihre Breite gleich ist den Libriformfasern, ihre Verdickung nur wenig geringer, so sind sie auf Querschnitten schwer zu unterscheiden. Sie sind durch bedeutende Länge und reiche Porenbildung ausgezeichnet.

Auch die Libriformfasern haben zahlreichere Poren als gewöhnlich. Bei einem Durchmesser von 0·015 Mm. beträgt die Dicke der Wand 0·004 Mm. Im Wurzelholze, racine de Bruyère, sind sie vielfach gekrümmt und ineinander verschlungen.

Die Markstrahlen sind zweierlei Art. Zwischen den breiten, aus 3—4 Zellreihen bestehenden, sind zahlreiche einreihige Strahlen eingeschoben. Die Zellen sind weitlichtiger als die Parenchymzellen.

---

[1] Sanio, Vergl. Unters. Bot. Z. 1863.

Das baumartige Haidekraut wächst im südlichen Europa und auf den Inseln des Mittelmeeres. Das Holz ist hellfarbig, sehr hart und gleichmässig dicht.

Rhododendron maximum L.

Fig. 40.

Die Jahresringe sind nicht scharf getrennt. Mit Hilfe der Loupe sieht man die gegen die Herbstzone an Grösse abnehmenden Poren und zweierlei Markstrahlen.

Die Gefässe des Frühlingsholzes haben einen mittleren Durchmesser von 0·025 Mm., die des Herbstholzes von 0·015 Mm. Sie stehen immer isolirt, ihr Querschnitt ist unregelmässig eckig. Die meisten Gefässe sind beiderseits zugespitzt und nicht perforirt. Die Seitenwände tragen spärliche kleine Tüpfel und eine einfache oder doppelte Spirale, welche namentlich an den Enden stark entwickelt ist.

Die übrigen Elemente sind denen von *Erica* durchaus ähnlich, nur sind sie etwas weniger verdickt.

Das Holz ist sehr fein und hart.

ARALIACEAE.

Die Gattungen *Aralia* und *Hedera* zeigen in der Anordnung der Gefässe die Übereinstimmung, dass die im Frühlingsholze einen Ring bildenden grossen Gefässe nach aussen an Zahl und Grösse abnehmen.

Alle Elemente sind bei *Aralia* grösser, namentlich die Tüpfel der Gefässe. Die Gefässgruppen bilden tangentiale Reihen. Beiden Gattungen gemeinsam, ist die spärliche Entwicklung des Holzparenchyms. Bei *Hedera* bilden die Gefässe keine Gruppen, eine tangentiale Anordnung ist kaum angedeutet. Tracheidformen sind häufig. Besonders hervorzuheben ist die spiralige Verdickung der stark verdickten Libriformfasern.

Aralia japonica Thunb.

Die Jahresgrenze ist durch grosse Poren im Frühlingsholze scharf getrennt. Die Markstrahlen sind sehr dicht und fein. Unter der Loupe werden auch die gegen das Herbstholz immer kleiner werdenden Gefässe erkannt.

Die Gefässe stehen in Gruppen oder radialen Reihen, welche wieder ziemlich deutliche, tangentiale Reihen zusammensetzen. Die des Frühlingsholzes haben einen Durchmesser von 0·045 Mm. und ihre Grösse nimmt stetig ab, bis sie in der äussersten Herbstgrenze auf 0·01 Mm. gesunken ist. Sie sind dünnwandig und haben zahlreiche grosse (0·008 Mm.) Tüpfel.

Parenchymzellen und Ersatzfasern kommen bestimmt, aber nur in äusserst geringer Menge vor. Sie haben die Breite der Libriformfasern, sind aber etwas weniger verdickt.

Das Libriform zeigt radiale Anordnung. Die Fasern sind 0·015 Mm. breit, ziemlich stark verdickt und von äusserst feinen Spalten durchbohrt.

Die Markstrahlen sind 1—5reihig. Die Zellen sind bedeutend gestreckt, aber nicht hoch.

Das Holz ist leicht, weich und gut spaltbar.

Hedera Helix L.[1]

Mit freiem Auge erkennt man kaum mehr als die Jahresringe. Unter der Loupe erscheint ein feiner Porenring am Anfange des Jahresringes, während die Gefässe des Herbstholzes sich noch immer der Beobachtung entziehen. Die Markstrahlen sind ausserordentlich fein und dicht gereiht.

Der ziemlich breite Porenring im Frühlingsholze besteht aus 0·035 Mm. breiten Gefässen. Darauf folgen bedeutend kleinere Gefässe regellos zerstreut. Die Gefässe sind dünnwandig, unregelmässig contourirt, stehen zumeist isolirt und verrathen kaum eine tangentiale Anordnung. Ihre Tüpfel sind klein (0·003 Mm.). Sie haben vollkommen perforirte Querwände, nur die engeren Gefässe sind spindelförmig, nicht perforirt und mit der Andeutung einer Spirale versehen. Holzparenchym kommt nur in äusserst geringer Menge vor.

[1] Sanio, Vergl. Unters. Bot. Z. 1863, p. 406.

Das Grundgewebe besteht aus 0·012 Mm. breiten, sehr stark verdickten Fasern, deren Mehrzahl ausser den schief gestellten Spaltentüpfeln auch eine feine spiralige Verdickung tragen. Da diese Formen mit den dünnwandigen Tracheiden durchaus nicht vereinigt werden können, muss ich sie als Abart des Libriform betrachten, mit dem sie sonst in allen Punkten übereinstimmen.

Die Markstrahlen sind 1—3reihig.

Das weisse, dichte und sehr harte Holz des Epheu war früher officinell als Diaphoreticum und gegen Wechselfieber.

AMPELIDEAE.

Die zahlreichen und grossen Gefässe verleihen dem Holze ein poröses Aussehen. Das eigenthümliche Relief der Gefässe, treppen-netz-spiralförmig charakterisirt diese Ordnung unverkennbar. Gemeinsam sind auch die breiten Markstrahlen und die spärlichen Parenchymzellen in der Umgebung der Gefässe.

Vitis vinifera L.

Fig. 50.

Die Jahresringe sind undeutlich durch das dichte Grundgewebe des Herbstholzes und durch die wenig grösseren Poren des Frühlingsholzes markirt. Die Markstrahlen sind breit.

Die Gefässe sind zweierlei Art. Die grossen (0·15 Mm.) stehen isolirt, sind regelmässig kreisrund oder elliptisch. Die kleineren sind ihnen mitunter angelagert, meist aber bilden sie selbstständige Gruppen und bekommen durch gegenseitige Abflachung polygonale Umrisse. Beide Formen sind Netz- oder Treppengefässe.

Spärliche Parenchymzellen mit grossen Poren umsäumen die Gefässe.

Das Grundgewebe besteht aus 0·015—0·018 Mm. breiten, stark verdickten Fasern, welche grösstentheils gefächert und von feinen Spalten durchbohrt sind.

Viele Tracheiden haben grosse äussere Ähnlichkeit mit den Libriformfasern, weil sie sehr gestreckt sind und dieselbe Breite haben. Ein breites Spiralband bedeckt flach ansteigend die Innenfläche und lässt nur schmale spaltenförmige Räume frei. Das eine oder das andere Ende dieser Fasern ist perforirt und das beweist unwiderleglich ihre Idendität mit der Gefässformation.

Die breiten Markstrahlen sind aus weitlichtigen, radial wenig gestreckten Zellen zusammengesetzt.

Das Holz der Weinrebe ist zwar nicht besonders hart aber zähe.

Ampelopsis hederacea Mchx.

Der Querschnitt ist porös. Die Poren sind am Anfange des Jahresringes grösser. Die Markstrahlen sind einerlei Art, nicht besonders dicht gereiht.

Die Gefässe sind gross (0·15 Mm. und darüber) und so zahlreich, dass sie einander berühren und Gruppen bilden, oder, wenn sie allein stehen, nur durch schmale Streifen des Grundgewebes von einander getrennt sind, so dass das letztere als Stützgewebe erscheint. Die Gefässe sind unregelmässig contourirt, dünnwandig und haben sehr gestreckte Spaltentüpfel (Netzgefässe). Sie sind von einer Lage Parenchym umgeben, deren Zellen 0·015 Mm. breit, dünnwandig und mit grossen quer-elliptischen Poren besetzt sind. Das Libriform besteht aus ebenso breiten, stark verdickten und aussergewöhnlich reich porösen Fasern.

Die Markstrahlen bestehen aus mehreren (bis 10) Reihen schmaler, lang gestreckter Zellen, welche oft rothbraune Harztröpfchen enthalten.

CORNACEAE.

Die Gefässe stehen immer isolirt, ohne Ordnung zerstreut. Unter dem stark verdickten Libriform finden sich vereinzelte Parenchymfasern, welche mehr oder minder deutliche tangentiale Reihen zusammensetzen.

Dagegen unterscheiden sich *Cornus* und *Aucuba* in manchen Punkten von einander. Die erstere ist durch die unregelmässig contourirten, sehr dünnwandigen leiterförmig durchbrochenen Gefässe ausgezeichnet.

Parenchym kommt nur vereinzelt, selten kurze tangentiale Reihen bildend, vor. Bei der letzteren bilden die von reichlichem Parenchym umgebenen grossen Gefässe einen Porenring im Frühlingsholze. Die Gefässe des Herbstholzes sind beträchtlich kleiner, spiralig verdickt. Die tangentiale Anordnung des Parenchyms ist deutlicher. Die Markstrahlen sind zweierlei Art.

Cornus sanguinea L. [1]

Die Jahresgrenzen sind scharf gezeichnet, die Markstrahlen zahlreich und fein. Unter der Loupe erscheinen zerstreute, im Frühlingsholze wenig grössere Poren.

Die Gefässe stehen allein. Sie sind sehr dünnwandig, ihr Querschnitt eckig, unregelmässig, bis 0·045 Mm weit. Die Querwände sind leiterförmig durchbrochen, die Seitenwände mit 0·004 Mm. grossen, kreisrunden Tüpfeln besetzt. Das Parenchym steht in keiner Beziehung zu den Gefässen. Es kommt in vereinzelten Zügen zwischen dem Libriform vor, von dem es durch die geringere Wanddicke schon auf Querschnitten zu unterscheiden ist. Die Zellen sind axial bedeutend gestreckt, 0·012 Mm. breit und von kleinen Poren durchbohrt.

Die Libriformfasern haben dieselbe Breite, sind aber bedeutend verdickt und die zahlreichen schiefen Spalten sind sehr klein behöft.

Die Markstrahlen sind 1—4reihig. Die Zellen sind dem Parenchym sehr ähnlich, mitunter weitlichtiger und quadratisch.

Es scheint mir nicht möglich, fassbare Kennzeichen zur Unterscheidung dieser Art von *Cornus mascula* L. und *Cornus florida* L. zu geben.

Das Holz des unter verschiedenen Namen (Hartriegel, Cornelkirschen, Dirndl, Hundsbeeren) bekannten Strauches ist weiss, oft mit braunem Kern. Es ist sehr fein, hart und zähe.

Aucuba Japonica Thunb.

Primäre Markstrahlen stehen weit von einander ab. Die Jahresgrenze ist durch grosse Poren im Frühlingsholze kenntlich. Der Querschnitt ist zart gebändert. Mit Hilfe der Loupe sieht man auch im Spätholze spärliche Gefässe und sehr feine Markstrahlen, die stellenweise zu scheinbar breiten Strahlen genähert sind.

Die Gefässe sind immer isolirt mit regelmässigem Querschnitt. Im Frühlingsholze, 0·15 Mm. weit, nehmen sie nach aussen an Grösse und Zahl beträchtlich ab. Die Tüpfel sind gross (0·006 Mm.) rundlich. Die engeren Gefässe haben überdies eine feine Spirale.

Die Bänderung des Querschnittes tritt unter dem Mikroskope weniger deutlich hervor, weil tangentiale Parenchymzüge häufig unterbrochen sind und auch isolirte Faserzüge vorkommen.

Die Gefässe, besonders im Frühlingsholze, sind von Parenchym umgeben.

Die Libriformfasern erreichen bei einer Breite von 0·015 Mm. den Durchmesser der Parenchymzellen nicht. Sie sind sehr stark verdickt.

Ausser zahlreichen einreihigen Markstrahlen finden sich einige breite Primärstrahlen.

Das Holz ist hellgelb gefärbt, sehr hart und fein.

RIBESIACEAE.

Ribes rubrum L.

Die Jahresringe und Markstrahlen sind kenntlich. Unter der Loupe erscheint der Querschnitt wie von zahlreichen Nadelstichen durchbohrt und zwischen den kenntlichen Markstrahlen ausserordentlich viele mit freiem Auge nicht zu unterscheidende. Die Gefässe des Frühlingsholzes sind namhaft grösser (—0·036 Mm.) und sind dicht gedrängt. Sonst stehen sie isolirt, sind dünnwandig, unregelmässig contourirt. Die Querwände sind sehr geneigt, leiterförmig durchbrochen, die Seitenwände mit kleinen runden Tüpfeln besetzt, deren Spalte quergestellt ist. (Dadurch unterscheiden sich die Gefässe allein von denen bei *Cornus*, deren Tüpfel einen runden Porencanal besitzen.)

[1] Wiesner, Rohstoffe, p. 581.

Parenchymatische Elemente fehlen gänzlich. Die Libriformfasern sind 0·015 Mm. breit, stark verdickt und tragen verhältnissmässig zahlreiche kleine behöfte Tüpfel.

Die Hauptmarkstrahlen sind 6—8reihig. Zwischen ihnen verlaufen zahlreiche einreihige Strahlen, deren Zellen auf Sehnenschnitten und isolirt leicht für Parenchymzellen gehalten werden können. Die innersten Zellen der mehrreihigen Markstrahlen sind ausserordentlich englichtig, nach aussen vergrössert sich stetig das Lumen, bis es endlich das der engsten Gefässe erreicht. Alle Zellen sind stark verdickt und von sehr kleinen Poren dicht punktirt.

Das Holz der Johannisbeere ist weiss, dicht und leicht spaltbar.

MENISPERMACEAE.

Der höchst merkwürdige Bau des Stammes von *Cissampelos Pareira* findet in der Entwickelung desselben seine Erklärung, wie Eichler[1] bereits nachgewiesen hat. Das Dickenwachsthum findet nicht zwischen Rinde und Holz statt, sondern in der Rinde bildet sich neues Cambium, von welchem nach innen Elemente des Holzes, nach aussen Rinde gebildet wird. Indem dieser Vorgang sich stetig wiederholt, kommt eine concentrische Schichtung des Stammes zu Stande, d. h. zwischen je zwei Holzringen sind Ringe eingeschoben, welche aus Elementen der Rinde: Parenchym, Cambiform, Steinzellen bestehen. Wenn man von den in den Holzkörper interponirten Rindentheilen absieht, hat *Pareira* denselben anatomischen Bau, wie *Coscinium fenestratum*, dessen Wachsthum von der den Dicotylen-Stämmen gewöhnlichen Weise eben nicht abweicht.

Von den Elementen verdienen die breiten, reichgetüpfelten oft unregelmässig gestalteten, knorrigen Holzfasern und die mit conjugirenden Aussackungen versehenen Parenchymzellen hervorgehoben zu werden.

Coscinium fenestratum Colebr.

Der hellgelbe Holzkörper ist porös. Glänzende, dichte Markstrahlen strahlen vom Marke in gleichen Abständen aus. An der Peripherie des Holzkörpers angelangt, scheinen sich die Markstrahlen in zwei gleichwerthige Schenkel zu theilen, welche mit den Schenkeln des angrenzenden Strahles sich zu einem nach aussen convexen Bogen vereinigen. Allein schon mit Hilfe der Loupe erkennt man, dass diese Bögen nicht den Markstrahlen angehören, sondern aus einem dichteren Gewebe bestehen, welches keilförmig in die breiten Markstrahlen eindringt. Zwischen diesen verlaufen auch einige feine Markstrahlen. Der Raum innerhalb der Wölbung des Bogens ist von schwammigem Gewebe erfüllt.

Die Gefässe sind immer isolirt und in grosser Zahl gleichmässig zerstreut. Ihr Lumen erreicht nicht selten 0·3 Mm. Ihr Bau, sowie derjenige aller anderen Elementarorgane stimmt vollkommen mit *Cissampelos* überein.

Die Markstrahlen sind zweierlei Art. Die feinen sind 5—8reihig. Die breiten (0·5 Mm.) sind doch immer bedeutend schmäler als die Holzstrahlen.

Das aus Ceylon stammende Colomboholz (die mir zur Verfügung stehenden Stammstücke haben einen Durchmesser von 5—6 Cm. und sind nicht concentrisch geschichtet) ist hellgelb gefärbt und trotz seiner Porosität ziemlich hart.

Cissampelos Pareira Lam.

Fig. 51 und 52.

Der Querschnitt ist in regelmässige concentrische Zonen getheilt, welche von breiten, in gleichen Abständen verlaufenden Markstrahlen gekreuzt werden. Die Poren sind im äusseren Theile jedes Ringes zahlreicher.

Betrachtet man einen für die mikroskopische Untersuchung hergerichteten Querschnitt unter der Loupe, so bietet er das Bild einer mit übereinander stehenden Säulen geschmückten Façade, welches durch Farbencontraste noch erhöht wird, indem die Markstrahlen dunkelbraun, die Holzstrahlen gelbgrün gefärbt sind.

---

[1] Eichler, Versuch einer Charakteristik der Menispermaceen. München 1864.

Die Trennung in concentrische Ringe ist eine vollständige, nicht wie sonst, wo die Continuität der Markstrahlen nicht unterbrochen ist. Dadurch werden Markstrahlen sowohl wie Holzstrahlen in kurze radiale Abschnitte getheilt. Das trennende Gewebe ist nach oben (aussen) eben begrenzt, nach innen sendet es einen Zwickel in jeden Markstrahl, so dass jeder Holzstrahl nach aussen bogenförmig umschlossen ist. Die Concavität dieses Bogens ist von dünnwandigen Zellen erfüllt oder leer. Jeder Markstrahl-Abschnitt erweitert sich nach unten (innen) allmählig und bildet mit seinen Nachbarn einen nach oben geöffneten Bogen. Es werden also durch die Markstrahlen und durch das dieselben nach Art eines Gesimses bogenförmig überwölbende Zwischengewebe Räume geschaffen, die am Querschnitte das Aussehen von beiderseits durch Kreislinien abgeschlossenen Cylindern haben. Diese Räume (Fenster, um bei dem Bilde zu bleiben), mit Ausnahme der oberen Concavität, werden von Holzzellen erfüllt, welche nach aussen (oben) von ansehnlichen Poren durchsetzt sind.

Der innere Theil jedes Holzstrahl-Abschnittes ist von Gefässen frei. Im äusseren Theile sind sie zahlreich und gross (bis 0·15 Mm. und darüber). Sie stehen meist isolirt, ihr Contour ist rundlich und die Seitenwände sind mit engen, quer gestreckten Spaltentüpfeln besetzt.

Die Tracheiden sind 0·025 Mm. breit, mässig verdickt und von ungewöhnlich zahlreichen Spalten durchbohrt. Ihre Formen sind mitunter sehr unregelmässig, knorrig. Parenchymfasern kommen in ziemlich beträchtlicher Menge unter den Tracheiden zerstreut vor. Ihre Zellen sind dünnwandig und haben breite Poren. In der Regel bilden sie conjugirende Aussackungen.

Alle diese Elemente haben gelbgrüne Membranen, wie die noch zu besprechenden Steinzellen. Diese bilden nach aussen eben begrenzte, nach innen zackig vorspringende, ununterbrochene tangentiale Reihen. Bei der Regelmässigkeit ihres Verlaufes setzen sie im Stamme ineinandergeschobene, auf der Innenfläche längsrippige Cylinder zusammen. Die Form der Zellen ist polygonal, isodiametrisch mit einem mittleren Durchmesser von 0·03 Mm. Die Porencanäle sind verzweigt.

Die unregelmässigen dünnwandigen Zellencomplexe, welche den Raum zwischen den Rippen der Steinzellenschichte einnehmen, sind abgestorben, zerrissen, oft geschwunden.

Die Markstrahlen sind fast so breit wie die Holzstrahlen, welche sie nach innen bogenförmig umfassen. Die Zellen sind dünnwandig, klein porös, niemals conjugirend.

Das vorliegende Muster stammt aus Guyana. Es ist ein Stammstück von 8 Cm. Durchmesser mit centralem, 0·5 Cm. breitem Marke. Das Holz ist hart.

MYRISTICACEAE.

Myristica Bicuhyba Schott.

Jahresringe sind nicht erkennbar. Grosse Gefässporen sind in geringer Zahl regellos zerstreut. Mit einer scharfen Loupe erkennt man die einzelnen Zellen der Markstrahlen.

Die Gefässe stehen allein oder paarweise. Grössenunterschiede sind unbedeutend (0·1 Mm.). Die Tüpfel sind gross, querelliptisch, an den meisten Stellen nicht mehr erkennbar, weil sowohl die Gefässwand als auch Stopfzellen in eine rothbraune, harzartige Masse verwandelt sind. In der Umgebung der Gefässe finden sich einige wenige, weitlichtige Parenchymzellen.

Das Libriform zeigt deutliche radiale Anordnung. Die Fasern sind 0·015—0·018 Mm. breit, ziemlich stark verdickt und von spärlichen Spalten durchsetzt. Ihre Membranen sind, sowie die aller übrigen Elemente, rothbraun gefärbt.

Die Markstrahlen sind zweierlei Art. Die breiten, bis vierreihigen bestehen aus radial gestreckten engeren Zellen. Die Zellen der einreihigen Strahlen sind kürzer und weitlichtig: $h = 0·09$ Mm., $r = 0·06$ Mm.

Die brasilianische Muskatnuss hat ein rothbraun gefärbtes, leichtes, gut schneidbares Holz.

ANONACEAE.

Die Gattungen *Uvaria* und *Xylopia*, die erstere aus Ostindien, letztere aus Westindien stammend, sind nach demselben Typus gebaut.

Die Gefässe sind in kurzen radialen Reihen gleichmässig zerstreut und von Parenchym umgeben. Dieses bildet ausserdem tangentiale Bänder, welche bei *Xylopia* sehr regelmässig verlaufen, bei *Uvaria* dagegen vielfach unterbrochen sind, so dass an manchen Stellen der Typus kaum wahrnehmbar ist.

Uvaria parviflora Hook.

Dem unbewaffneten Auge erscheint der Querschnitt punktirt. Unter der Loupe treten die zarten und dicht gereihten Markstrahlen hervor. Mit ihnen kreuzen sich helle, feine tangentiale Linien. Die Gefässe stehen in kurzen radialen Reihen.

Im Lumen der Gefässe bestehen keine grossen Verschiedenheiten; es beträgt im Mittel 0·045 Mm. Sie sind derbwandig und in der Seitenansicht erscheinen sie wegen der ausserordentlich kleinen und zahlreichen Tüpfel wie chagrinirt.

Parenchymzellen kommen in der Umgebung der Gefässe und in sehr regelmässigen, verschieden breiten, unterbrochenen und verzweigten tangentialen Binden vor. Die Zellen sind 0·012 Mm. breit, dünnwandig und porös.

Die Libriformfasern haben denselben Durchmesser, sind aber dickwandig und von spärlichen feinen Spalten durchsetzt. Sie lassen radiale Anordnung erkennen.

Die Markstrahlen sind einreihig.

Der Baum wächst auf dem hinter-indischen Festlande und liefert ein mässig hartes, gleichförmiges, hellgefärbtes Nutzholz.

Xylopia aethiopica A. Rich.

Die Markstrahlen und einzelne zerstreute Poren sind deutlich erkennbar. Unter der Loupe treten zahlreiche, in radialen Reihen stehende Gefässe hinzu und die Markstrahlen werden von sehr regelmässig, in gleichen Abständen verlaufenden, zarten Linien gekreuzt, wodurch der Querschnitt das Aussehen eines Spitzengrundes erhält.

Die isolirten Gefässe sind kreisrund, 0·15 Mm. weit, die zu radialen Reihen vereinigten abgeplattet und kleiner. Sie sind stark verdickt und mit kleinen querelliptischen (0·005 Mm.) Tüpfeln dicht besetzt.

Die parenchymatischen Elemente zeigen denselben Typus der Anordnung wie die vorige, aber in ausgezeichneter Regelmässigkeit. Die Zellen haben relativ grosse Poren und den Durchmesser der Libriformfasern (0·015 Mm.). Diese sind radial gereiht, mässig verdickt und haben kleine behöfte Spaltentüpfel.

Die Markstrahlen sind 1—5reihig.

Ein von Cuba stammender Baum, dessen Holz, hellgefärbt und weich, unserem Tannenholze ähnlich ist.

MAGNOLIACEAE.

Die Gattungen *Illicium* und *Liriodendron* stimmen im Baue ihres Holzes nur in wenig Punkten überein.

Die radiale Anordnung der gegen das Herbstholz an Grösse abnehmenden Gefässe ist bei *Liriodendron* wegen der Menge derselben häufig nicht in die Augen fallend. Diese Art ist auch durch die leiterförmig durchbrochenen Querwände ausgezeichnet und durch die geringe Entwickelung parenchymatischer Elemente.

Dagegen sind beiden Gattungen die behöften Libriformfasern gemeinsam, welche bei *Liriodendron* leicht für Tracheiden gehalten werden könnten, wenn man sich nicht durch Isolirung der Elemente die Überzeugung verschafft, dass diese Fasern namhaft stärker verdickt und anders getüpfelt sind als die Gefässe.

Drimys[1] ist vor allen Dicotylen dadurch ausgezeichnet, dass seinem Holze Gefässe und Parenchym fehlt.

[1] Sanio (Bot. Z. 1863, p. 401) gibt für das Holz von *Drimys Winteri* die Formel: *t*.

Ob die den Tracheiden der Coniferen ähnlichen Fasern als Tracheiden oder als Libriform aufzufassen seien, ist schwer zu entscheiden, weil das Vergleichsobject fehlt, nur der Bau der Tüpfel entspricht mehr jenem der Gefässformation.

Drimys Granatensis L. fil.

In Abständen von etwa 2 Mm. ziehen breite Markstrahlen, zwischen denen mit Hilfe der Loupe zahlreiche feinere verlaufen.

Das Holz besteht nur aus einem Formelement; es sind 0·03—0·04 Mm. breite Fasern mit unregelmässig rechteckigem Querschnitt. Die Wanddicke beträgt 0·005 Mm. Die Tüpfelhöfe sind kreisrund (0·008 Mm.) um eine sehr schief gestellte Spalte und stehen dicht gedrängt in einer oder mehreren senkrechten Reihen. Die Fasern haben die grösste Ähnlichkeit mit den Tracheiden der Coniferen. Die Markstrahlen sind 1—4reihig und sehr hoch. Die Zellen sind ziemlich derbwandig, grob porös und haben colossale Dimensionen in radialer und verticaler Richtung (0·08 Mm.).

Illicium anisatum L.

Die Jahresgrenze ist durch einen Kreis grosser Gefässporen im Frühlingsholze markirt. Die Markstrahlen sind kenntlich. Unter der Loupe erkennt man, dass die Gefässe in kurzen radialen Reihen stehen und an Grösse und Zahl gegen das Herbstholz bedeutend abnehmen.

Die Gefässe haben unregelmässige Contouren und variiren in der Grösse von 0·12—0·015 Mm. Sie haben grosse Tüpfel und die englichtigen (vorzüglich im Herbstholze) sind nicht perforirt.

Parenchymzellen und Ersatzfasern kommen vorzüglich an die Gefässe gebunden, vereinzelt auch im Libriform vor. Sie sind dünnwandig, porös und erreichen einen Durchmesser von 0·035 Mm.

Auch die Libriformfasern sind sehr weitlichtig (0·03 Mm.) und nur wenig verdickt. Ihre feinen Spaltentüpfel sind behöft.

Die Markstrahlen sind bis zu 5 Zellen breit.

Der Sternanis kommt in Ostindien, China, Japan vor. Das Holz ist unscheinbar hellbraun, ziemlich hart. Das von Kunsttischlern und Drechslern gesuchte „Anisholz" stammt von *Illicium Sanki* Perott.

Liriodendron tulipifera L.

Die Jahresringe sind scharf abgegrenzt. Die Markstrahlen sind mit freiem Auge nur schwer erkennbar. Unter der Loupe treten sie in grosser Zahl hervor, ebenso die kleinen, im Frühlingsholze etwas grösseren Poren.

Das Frühlingsholz besteht fast ausschliesslich aus Gefässen von etwa 0·035 Mm. Weite. Auch im Spätholze ist die Zahl der Gefässe sehr gross und sie sind nicht beträchtlich enger. Ihr Umriss ist unregelmässig und nur an einigen Stellen bilden sie radiale Reihen. Die Seitenwände tragen grosse (0·008 Mm.) Tüpfel, deren Hof häufig abgerundet viereckig ist. Die Querwände sind breit, leiterförmig perforirt, nur bei den faserförmigen Tracheiden ist die Differenzirung der Querwand und damit die abweichende Tüpfelung aufgehoben.

Parenchymzellen kommen nur vereinzelt vor. Das Libriform bildet keine zusammenhängende Schichte, die äusserste Herbstgrenze etwa ausgenommen, sondern bildet das netzige Grundgewebe zwischen den Gefässen. Die Fasern haben verschiedene Breite (0·009—0·02 Mm.), sind mässig verdickt und haben spärliche, sehr klein behöfte Tüpfel.

Die Markstrahlen sind 1—3reihig. Die Zellen sind durch bedeutende radiale Streckung und relativ starke Verdickung ausgezeichnet.

Der aus Nord-Amerika stammende Tulpenbaum hat ein hellbraunes, ziemlich weiches und leichtes Holz.

DILLENIACEAE.

Curatella americana L.

Durch die breiten Markstrahlen erhält der Querschnitt ein regelmässig strahliges Aussehen. Unter der Loupe erkennt man die einzelnen Markstrahlen. Poren sind isolirt, sparsam und regellos zerstreut.

Die Gefässe erreichen den Durchmesser von 0·12 Mm. Sie sind dünnwandig, mit grossen querelliptischen Tüpfeln dicht besetzt, die Querwand ist leiterförmig durchbrochen.

Das Parenchym kommt in der Umgebung der Gefässe und von diesen unabhängig in tangentialen Reihen vor. Die Zellen sind sehr gross, 0·025 Mm. weit, dünnwandig, grossporig und oft mit conjugirenden Fortsätzen versehen.

Das Grundgewebe besteht aus 0·03 Mm. breiten, wenig verdickten Fasern, welche in einer Längsreihe, dicht aneinander grosse, behöfte Tüpfel, wie jene der Gefässe, zeigen. Überdiess kommen sehr schief gestellte, einer Spirale folgende Spalten in der Verdickung vor, welche verschieden weit und oft unterbrochen sind. Sie gleichen ganz den von Schacht[1] beschriebenen bei *Hernandia* und *Caryata*.

Die Markstrahlen bestehen aus etwa 15 Reihen sehr weiter (0·04 Mm., selbst darüber), dünnwandiger, oft isodiametrischer Zellen und enthalten rothbraune Harztröpfchen.

RANUNCULACEAE.

Clematis Vitalba L.

Fig. 53.

Der Querschnitt zeigt breite, concentrische Porenringe und deutliche Markstrahlen. Die Loupe zeigt nur wenige kleine Poren ausserhalb der Gefässzone.

Die Gefässe haben sehr verschiedene, 0·15 Mm. erreichende Durchmesser. Sie stehen allein, häufiger berühren, flachen sie sich gegenseitig ab. Ihre Querwände sind vollkommen resorbirt, ihre Seitenwände haben reichliche Spaltentüpfel.

Kurze spindelförmige Tracheiden kommen in grosser Menge vor. Ihre Breite beträgt im Mittel 0·015 Mm. und auffallender Weise sind nicht selten die kleinen, engen Formen an beiden Enden perforirt. Ihre Tüpfelung gleicht jener der Gefässe, es kommt aber eine meist sehr deutlich entwickelte, doppelte spiralige Streifung hinzu.

Stark verdickte, fein poröse Parenchymzellen kommen nur spärlich in der Umgebung der Gefässe vor.

Das Libriform gleicht in seinen Dimensionen sehr den Tracheiden. Es besteht demnach aus ungewöhnlich weitlichtigen und kurzen Fasern, welche mitunter verzweigt sind. Trotz der grossen äusseren Ähnlichkeit sind sie doch sicher von ihnen verschieden. Die Libriformfasern sind glattwandig und von spärlichen, äusserst feinen Spalten durchbohrt.

Die Markstrahlen sind immer mehrreihig, häufig 0·2 Mm., selbst darüber, breit. Die Zellen sind stark verdickt und gleichen den Parenchymzellen.

Das Holz der Waldrebe ist sehr leicht und porös. Der Splint ist hellgelb, der Kern braun mit dunkeln, gewellten Streifen.

BERBERIDACEAE.

Der Mangel an parenchymatischen Elementen ist für diese Ordnung charakteristisch[2].

Die grosse makroskopische Ähnlichkeit des Holzes der beiden Gattungen findet ihre Begründung in der Übereinstimmung des Baues der Elemente. Trotzdem gibt ihre Anordnung sichere Anhaltspunkte zu ihrer Unterscheidung.

---

[1] Über eigenthümliche bisher noch nicht beobachtete Erscheinungen in den Verdickungsschichten gewisser Holzzellen. Bot. Z. 1850, p. 697 ff.

[2] Sanio (Bot. Z. 1863) gibt die Formel: $l+(t+G)$

Die kleinen Gefässe bei *Mahonia* treten nur zu einem undeutlichen Porenring im Frühlingsholze zusammen und die Markstrahlen sind bedeutend breiter.

Berberis vulgaris L.

Die Jahresgrenzen sind nicht sehr deutlich geschieden. Der Querschnitt ist strahlig, von zahlreichen, gleich breiten, scharf gezeichneten Markstrahlen.

Unter der Loupe erkennt man im Frühlingsholze einen Ring kleiner Poren. Die übrige Breite des Holzringes ist mit zahlreichen hellgelben Punkten bestreut.

Die Gefässe im Frühlingsholze sind 0·05 Mm. weit, sehr genähert. Darauf folgen namhaft engere Gefässe, welche sich im Herbstholze bis auf den Durchmesser der Libriformfasern verjüngen. Sie stehen immer in Gruppen, welche theils tangentiale, theils radiale, mannigfach geschlängelte Figuren zusammensetzen. Ihr Contour ist unregelmässig, die Wand schwach verdickt, spiralig gestreift und mit 0·005 Mm. grossen, kreisrund behöften Tüpfeln in nicht zu grosser Zahl besetzt. Die engeren, in Mehrzahl vorhandenen Gefässe sind nicht perforirt.

Parenchymatische Elemente habe ich nicht gefunden.

Das Libriform besteht aus 0·012 Mm. breiten, glatten, stark verdickten und von spärlichen Spalten durchsetzten Fasern.

Die Markstrahlen sind meist 3—4reihig. Die Zellen sind derbwandig und klein porös.

Das Holz des Sauerdorns ist hellgelb, sehr hart, dicht und fein.

Mahonia fascicularis DC.

Die Jahresgrenzen sind undeutlich. Die Markstrahlen verlaufen in geschwungenen Linien. Zahlreiche hellgelbe Pünktchen sind über den Querschnitt zerstreut.

Die Gefässe sind ungewöhnlich enge, im Frühlingsholze übersteigt ihr Durchmesser nicht 0·02 Mm. Nach aussen nimmt ihre Zahl beträchtlich ab und hier bilden sie unregelmässige Gruppen, deren Elemente durch geringere Verdickung, häufig nicht durch Grösse von dem Libriform verschieden sind.

Im Baue des trachealen Systems und des Libriform herrscht völlige Übereinstimmung mit der vorigen Art. Es fehlt auch das Parenchym.

Die Markstrahlen sind breiter, häufig zehnreihig, selbst darüber.

Ein Strauch Nord-Amerika's, dessen hellgelb gefärbtes Holz sehr hart und dicht ist.

CAPPARIDACEAE.

Die beiden Gattungen zeigen die Übereinstimmung, dass das Parenchym nur in der Umgebung der Gefässe vorkommt. Die bei *Cleome* höchstens zu Paaren vereinigten Gefässe bilden bei *Capparis* umfangreichere Gruppen in radialer Richtung. Die Markstrahlen mit ihren weitlichtigen Zellen geben ein brauchbares Kennzeichen für diese Ordnung.

Cleome arborea Humb., Bonpl. et Kunth.

Feine Markstrahlen und regellos zerstreute Pünktchen sind mit freiem Auge am Querschnitte sichtbar.

Die Gefässe stehen isolirt oder zu Paaren, sind nahezu von gleicher Grösse (0·07 Mm.), wenig verdickt und sehr klein getüpfelt.

Parenchymzellen kommen nur in der Umgebung der Gefässe als eine ziemlich mächtige Umhüllung derselben vor. Sie sind etwas weiter und dünnwandiger als die Libriformfasern, die bei einer Breite von 0·015 Mm. ein Lumen von 0·012 Mm. besitzen.

Die Markstrahlen sind 1—3reihig. Die Zellen sind durch ihre Dimensionen charakteristisch. Ihre Höhe und Breite ist gleich (0·02 Mm.) und die radiale Streckung beträgt das 2—3fache.

Das hellgelb gefärbte Holz ist ziemlich hart.

Capparis linearis Jacq.

Die am Querschnitte mit unbewaffnetem Auge sichtbaren Pünktchen werden mit Hilfe der Loupe als radiale Porengruppen aufgelöst, welche von einem hellen Hofe umgeben sind. Die Markstrahlen sind fein, oft geschlängelt.

Die Gefässe stehen nur ausnahmsweise isolirt, meist in grösseren radialen Gruppen. Sie sind regelmässig contourirt, kreisrund, stark verdickt und äusserst fein getüpfelt. Ihr Lumen übersteigt nicht 0·05 Mm., die Wandicke beträgt 0·006 Mm. Auch die engen (0·015 Mm.) Formen sind noch perforirt. Die Gefässe sind von engen (0·01—0·012 Mm.), dünnwandigen Parenchymzellen und Ersatzfasern umgeben. Die Libriformfasern sind fast ebenso breit aber ungleich stärker verdickt. Sie sind auffallend kurz, allmälig zugespitzt, hie und da auch gabelig getheilt. Die innerste Verdickungsschichte ist nicht verholzt.

Die Markstrahlen gleichen vollkommen denen von *Cleome.*

BIXACEAE.

Casearia parviflora Willd.

Der Querschnitt ist äusserst fein punktirt. Mit der Loupe sieht man lange radiale Reihen von Poren und zwischen den an sich feinen Markstrahlen noch zahlreiche, kaum wahrnehmbare.

Man findet nur ausnahmsweise isolirte Gefässe. Sie sind in der Grösse nur wenig verschieden, die meisten haben ein Lumen von 0·03 Mm. Die Verdickung ist ansehnlich, die Tüpfel sehr zahlreich und so klein, dass man den Hof nur bei starken Vergrösserungen unterscheiden kann. Parenchym fehlt.

Die Libriformfasern sind breit (0·02 Mm.). Die Verdickung ist beträchtlich und deutlich in zwei gleiche mächtige Schichten getheilt, von denen die innere nicht verholzt ist.

Die Markstrahlen bestehen aus weitlichtigen, radial nur wenig gestreckten Zellen. Ausser dreireihigen kommen zahlreiche einreihige vor, welche einander so genähert sind, dass mancher Holzstrahl nur aus einer Libriformreihe besteht.

Das Holz stammt von den Caraïben. Es ist unscheinbar grau, sehr fein und hart.

HOMALIACEAE.

Homalium racemosum Jacq.

Fig. 54.

Der Querschnitt ist wellig gezeichnet und punktirt. Unter der Loupe erkennt man zahlreiche feine Markstrahlen und ausser den grösseren hellen Flecken viele feine Punkte und Strichelchen.

Das Holz besitzt nur spärliche, in kurzen, radialen Reihen stehende Gefässe. Sie sind im Mittel 0·045 Mm. weit, dickwandig, sehr fein getüpfelt und oft mit Stopfzellen erfüllt.

Das Parenchym durchsetzt das Holz in meist einreihigen Zügen in den verschiedensten Richtungen, ohne eine Beziehung zu den Gefässen zu verrathen.

Das Libriform hat die grösste Ähnlichkeit mit dem Baste. Die Fasern sind 0·015 Mm. breit und bis zum Verschwinden des Lumens verdickt. Sie bilden deutliche radiale Reihen.

Die Markstrahlen sind 1- oder 2reihig.

Das von den Antillen stammende „Acoma-Holz“ ist gelb gefärbt, wachsglänzend und ausserordentlich hart.

CACTACEAE.

Pereskia sp.

Der Querschnitt zeigt deutlichen strahligen Bau und unregelmässige, concentrische Bänderung. Unter der Loupe heben sich die glänzend weissen Markstrahlen scharf von dem gelben Grundgewebe ab. Die zu

Gruppen vereinigten kleinen Poren sind von einem hellen Hofe umgeben, welcher sich seitlich verbreitert und mit benachbarten zusammenfliesst.

Mikroskopischer Befund: Die Gefässe stehen nur ausnahmsweise isolirt, meist zu Gruppen aus sehr verschieden weiten (bis 0·1 Mm.) Elementen vereinigt. Sie sind dünnwandig und haben zahlreiche, sehr grosse, querelliptische Tüpfel.

Das sie umhüllende und stellenweise tangentiale Schichten bildende Parenchym besteht aus dünnwandigen, feinporigen, im Mittel 0·02 Mm. weiten Zellen und Ersatzfasern. Auch das Libriform erreicht diese Breite, ist aber beträchtlich verdickt und häufig gefächert.

Die Markstrahlen sind 1—10reihig. Ihre Zellen haben sehr verschiedene Dimensionen, sind aber im Allgemeinen bedeutend weitlichtiger als das Parenchym. Sie enthalten oft kolossale Oxalatkrystalle.

Das Holz ist hellgelb und ansehnlich hart.

PHYTOLACCACEAE.

Seguieria americana L.

Der Querschnitt zeigt concentrische Linien, welche hie und da mit einander anastomosiren und schon dadurch verrathen, dass sie nicht als Ausdruck des Vegetationswechsels betrachtet werden können. Die feinen Markstrahlen und die in kleinen Gruppen oder radialen Reihen stehenden Poren werden erst unter der Loupe kenntlich.

Die Gefässe sind fast immer isolirt, d. h. sie berühren einander nicht unmittelbar, selbst wenn sie Gruppen oder Reihen bilden. Daher ist ihre Contour regelmässig rundlich. In der Grösse variiren sie von 0·015—0·06 Mm. Sie sind nur mässig verdickt und mit kleinen (0·004 Mm.) rundlichen Tüpfeln dicht besetzt. Faserförmige, nicht perforirte Tracheiden findet man nicht selten.

Die schon makroskopisch wahrnehmbare concentrische Schichtung des Holzes ist bedingt durch 0·2 Mm. breite, in nahezu gleichen Abständen verlaufende Parenchymbänder. Die sie zusammensetzenden Zellen sind im Mittel 0·02 Mm. weit, axial gestreckt, ihre Membranen sehr dünn, gefaltet und porös. Häufig enthalten sie Einzelkrystalle. Parenchymzellen und Ersatzfasern kommen übrigens auch im Grundgewebe vor.

Die Libriformfasern sind 0·015 Mm. breit, wenig verdickt und von spärlichen Poren durchbohrt.

Die Markstrahlen sind 1- höchstens 2reihig. An den Zellen vermisst man die radiale Streckung, dagegen beträgt ihre Höhe oft 0·045 Mm., das Doppelte und Dreifache ihrer Breite.

Ein Strauch Central-Amerika's.

MALVACEAE.

Lavatera und *Althaea* (Trib. *Malveae*) zeigen durch den Bau ihres Holzes ebenso deutlich ihre Zusammengehörigkeit wie *Thespesia* (Trib. *Hibisceae*) und *Sida* (Trib. *Sideae*) nach verschiedenen Typen gebaut sind. Für die ersteren ist die scheinbare Gleichartigkeit des Grundgewebes am Querschnitte charakteristisch, welche dadurch bedingt ist, dass das Libriform nicht stärker verdickt ist als das Parenchym. Das letztere tritt quantitativ weit zurück, bildet niemals Complexe, sondern kommt in einzelnen Faserzügen zerstreut vor. Die Gefässe sind radial gereiht.

Bei *Thespesia* stehen die Gefässe häufiger isolirt. Das Parenchym ist ausser durch seinen Inhalt auch durch geringere Verdickung und grösseres Lumen vom Libriform verschieden — verhält sich also nach der Regel. Seine Menge steht wenig hinter der des Libriform zurück.

Die radiale Gefässanordnung macht bei *Sida* der Gruppenbildung Platz. Tracheiden treten in grosser Menge auf und diese sowohl wie die echten Gefässe sind durch spiralige Verdickung ausgezeichnet. Das Parenchym, bei den anderen Gattungen zerstreut, häuft sich hier überdies in der Umgebung der Gefässe, so dass unregelmässige tangentiale Bänderung angedeutet erscheint.

Lavatera arborea L.

Fig. 55.

Der Querschnitt ist mit feinen, concentrischen Wellenlinien gezeichnet. Die Markstrahlen sind deutlich, die Gruppen und radialen Reihen von Poren erst mit Hilfe der Loupe kenntlich.

Die Gefässe, dünnwandig wie alle übrigen Elemente, sind von verschiedener, 0·035 Mm. nicht überschreitender Grösse. Ihre Tüpfel sind rundlich, verhältnissmässig gross (0·006 Mm.).

Das Grundgewebe scheint am Querschnitte aus einem gleichartig dünnwandigen, polygonalen, im Mittel 0·02 Mm. weiten Gewebe zusammengesetzt, weil das Libriform und die dasselbe in geringer Zahl durchziehenden porösen Parenchymfasern im Durchmesser und Verdickung nicht verschieden sind.

Die Markstrahlen sind breit, oft 5- —6reihig. Die Zellen sind weitlichtig und haben relativ grosse Poren.

Eine im Gebiete des Mittelmeeres wild wachsende zweijährige Pflanze. Der verholzende Stamm ist hellgelb gefärbt und dient zur Bereitung von Papier und Geweben.

Althaea flexuosa Sims. (*Althaea Coromandeliana* Cav.).

Mit freiem Auge erkennt man auf dem Querschnitte nichts als die feinen Markstrahlen. Unter der Loupe treten die wenig zahlreichen, isolirten oder in kurzen radialen Reihen stehenden Poren hervor.

Die Gefässe haben sehr verschiedene Grösse bis zu 0·08 Mm. Diameter. Sie sind ziemlich stark verdickt und mit kleinen querelliptischen Poren, deren Spalten oft zusammentreten, reichlich besetzt. Einige enthalten eine hellgelbe harzige Masse. Auch hier erscheint das Grundgewebe aus gleichartigen Elementen zusammengesetzt, weil das Libriform und das spärliche Parenchym den gleichen Querschnitt haben und beide gleich wenig verdickt sind. Doch ist die Verdickung beträchtlicher als bei der vorigen.

Das Parenchym ist kleinporös, die Libriformfasern haben sehr kleine behöfte Spalten.

Die Markstrahlen bestehen nur selten aus mehr als 3 Reihen weitlichtiger Zellen.

Die Heimat dieses Eibisch ist Ost-Indien. Das Holz ist schmutzig weiss gefärbt, homogen und leicht. Über seine Anwedung ist nichts bekannt, doch war die Ausstellung 1873 mit einem Muster unter den Namen „The changeable Rose“ beschickt.

Thespesia populnea Corr.

Die feinen Markstrahlen und Poren sind nur schwer mit freiem Auge wahrnehmbar. Die Loupe erlaubt einen weiteren Einblick in den Bau, denn man erkennt, dass die Gefässe meist isolirt, selten in kurzen, radialen Reihen stehen und zwischen ihnen zerstreute, äusserst kleine Pünktchen.

Die Gefässe sind nicht zahlreich, derbwandig, die isolirten regelmässig elliptisch. Die Tüpfel sind klein (0·004 Mm.) rundlich.

Parenchymatische Elemente kommen in grosser Menge, theils an die Gefässe angelagert, theils frei im Libriform zerstreut vor. Da sie einen citronengelben oder rothbraunen Inhalt führen, treten sie deutlich hervor und charakterisiren das Loupenbild. Ihr Durchmesser beträgt 0·02 Mm. bei schwacher Verdickung.

Die Libriformfasern sind etwas weniger breit und stärker verdickt. Am häufigsten findet man Formen, deren cylindrisches Mittelstück sich beiderseits plötzlich in die Spitze verjüngt. Am Querschnitte vermisst man desshalb die Übergänge und sieht nur breite oder enge Fasern.

Die Markstrahlen bestehen aus 1 oder 2 Reihen englichtiger Zellen.

Der in Ost-Indien und auf den Gesellschafts-Inseln heimische Baum liefert ein zimmtbraunes schweres Holz von ansehnlicher Härte.

Sida pulchella Bonpl.

Der Querschnitt ist zierlich durch die scharf gezogenen Markstrahlen und die sie unter verschiedenen Winkeln kreuzenden hellen Gewebspartien gezeichnet. Die letzteren erweisen sich unter der Loupe als Porengruppen, die von einem hellen Hofe umgeben sind.

Die Gefässe, welche umfangreiche Gruppen zusammensetzen, sind selten über 0·04 Mm. weit, gegenseitig abgeflacht und sehr dünnwandig. Das Relief ist eigenthümlich. Zwei derbe, gegenläufige Spiralen bilden ein Netz, in dessen rautenförmigen Maschen die grossen rundlichen Tüpfel oder ebenso grosse, aber unbehöfte Poren liegen. Sie sind meist mit stumpfen Spitzen ineinander geschoben, welche nicht perforirt sind (Tracheiden).

In der Anordnung der etwa 0·018 Mm. breiten, dünnwandigen, porösen Parenchymfasern ist eine directe Beziehung zu den Gefässen nicht erkennbar. Sie kommen in ihrer Umgebung so gut vor, wie unabhängig von ihnen im Libriform. Dieses besteht aus 0·015 Mm. breiten, ziemlich stark verdickten Fasern, die in eine lange Spitze ausgezogen, hie und da gabelig getheilt und von sehr feinen Spalten durchbohrt sind.

Die Markstrahlen sind bis zu 10 Reihen breit. Die Weite der Zellen übertrifft oft die des Parenchyms, mit dem sie sonst übereinstimmen.

Eine neuholländische Art mit hellgelb gefärbtem, dichtem und hartem Holze.

STERCULIACEAE.

Die Weichheit und Leichtigheit des Holzes, welche ihr Maximum bei *Carolinea* erreicht, bildet den gemeinsamen Charakter dieser Ordnung. Sie ist bedingt zum Theile durch die Dünnwandigkeit der Elemente, zum anderen Theile durch den Reichthum an Gefässen (*Adansonia*).

Obwohl die beschriebenen Gattungen sehr verschieden gebaut zu sein scheinen, hält es doch nicht schwer, dieselben auf einen gemeinsamen Ausgangspunkt zurückzuführen. Bei *Carolinea* und *Sterculia* besteht das Holz vorwaltend aus Gefässen und Parenchym, nur einzelne Libriformbündel sind in das Grundgewebe eingestreut. Dieses Verhalten zeigt *Adansonia* nur mehr im Frühlingsholze. Späterhin überwiegt das stärker verdickte Prosenchym und das Parenchym ist auf die Umgebung der Gefässe zurückgedrängt.

Adansonia digitata Lin.

Die Vegetationsgrenzen sind durch Zahl und Grösse der Gefässporen erkennbar. Die Markstrahlen sind fein, geschlängelt.

Die Gefässe stehen im Frühlingsholze dicht gedrängt, im Herbstholze in kleineren Gruppen. Sie erreichen einen Durchmesser von 0·2 Mm. neben bedeutend engeren. Ihre Wand ist wenig verdickt, die Tüpfel gross, querelliptisch. Sie enthalten oft Thyllen.

Parenchymzellen sind vorzüglich in der Umgebung der Gefässe angehäuft, daher bilden sie im Frühlingsholze das Grundgewebe, in dem nur wenige stärker verdickte Libriformbündel eingelagert sind. Im Spätholze ist das Verhältniss umgekehrt und hier namentlich tritt die Beziehung des Parenchyms zu den Gefässen deutlicher hervor. Der Bau dieser Elemente bietet nichts erwähnenswerthes.

Die durch die Gefässe aus ihrer Richtung oft abgelenkten Markstrahlen bestehen aus 1—6 Reihen radial gestreckter, poröser Zellen.

Der afrikanische Affenbrodbaum hat hellgelbes, poröses, sehr leichtes und weiches Holz.

Carolinea minor Sims.

Durch verschwommene concentrische Bänderung ist die Jahresringbildung angedeutet. Feine Markstrahlen stehen dicht gedrängt. Unter der Loupe erkennt man isolirte, oder in kurzen radialen Reihen geordnete Poren von verschiedener Grösse.

Alle Elemente sind äusserst dünnwandig. Die Gefässe erreichen den grössten Durchmesser von 0·15 Mm. Sie stossen mit beinahe horizontalen Querwänden aneinander, die Seitenwände haben quergestellte grosse (0·012 Mm.) unbehöfte Poren.

Das Grundgewebe besteht aus Parenchym mit unregelmässig sechseckigem Querschnitt, dem nur äusserst spärliche, aber ziemlich stark verdickte Libriformfasern untermischt sind. Die Grösse der Zellen ist bedeu-

tenden Schwankungen unterworfen (0·02—0·04 Mm.). Ihre Form ist häufig quadratisch, oder die axiale Dimension übersteigt die Breite um Mehrfaches.

Die Markstrahlzellen sind im Allgemeinen enger, sind radial gestreckt und stehen in 1—3 Reihen.

Das Holz dieses in Mexiko einheimischen Baumes ist ausserordentlich leicht und lässt sich wie Kork schneiden.

Sterculia cordifolia Cav.

Fig. 56.

Schon mit unbewaffnetem Auge sind die breiten Markstrahlen und die grossen, regellos zerstreuten Poren kenntlich.

Die Gefässe stehen isolirt, zu Paaren oder Dreien vereinigt und erreichen den Durchmesser von 0·3 Mm. Ihre Form ist regelmässig rundlich oder elliptisch. Die Tüpfel sind zweierlei Art. Entweder grosse quergestreckte Poren oder dichtgedrängte, sich gegenseitig abflachende Tüpfel (0·006 Mm.).

Das Grundgewebe besteht aus im Mittel 0·025 Mm. weiten Parenchymzellen, unter welchen engere, stärker verdickte Libriformfasern in unregelmässig begrenzten Gruppen zerstreut liegen.

Die Markstrahlen sind 10 Reihen, selbst darüber breit. Ihre Zellen sind im Durchmesser sehr verschieden, jedoch die äusseren im Allgemeinen weitlichtiger.

Alle Elemente, die Libriformfasern ausgenommen, sind ausserordentlich dünnwandig.

Das Holz dieses am Senegal wachsenden Baumes ist sehr leicht und weich.

BÜTTNERIACEAE.

Dombeya und *Astrapaea* zeigen durch den Bau des Holzes eine auffallende Verwandtschaft mit *Althaea*, welche namentlich in der Anordnung der Gefässe und in der Gleichartigkeit des Grundgewebes hervortritt. Dieses besteht aus Libriform, dem nur wenige Parenchymfasern untermischt sind; aber beide Elemente haben Breite und Verdickung gemein, ein Verhalten, wie es selten beobachtet wird.

Dagegen ist *Guazuma* gänzlich verschieden von ihnen. Schon die ungewöhnliche Härte und Schwere des Holzes trennt diese Gattung von den Dombeyeen. Es fehlen ihr die parenchymatischen Elemente und die Libriformfasern sind mächtig verdickt, gefächert und von einer spät gebildeten Verdickungsschichte ausgekleidet.

Astrapaea Wallichii Lindl. (*Astrapaea penduliflora* DC.).

Die Jahresringe sind durch das dunkler gefärbte Spätholz ausgedrückt. Die Markstrahlen und zerstreute Pünktchen sind kenntlich.

Die Gefässe stehen isolirt, in Gruppen und radialen Reihen, etwas häufiger im Frühlingsholze. In der Weite kommen alle Abstufungen bis 0·07 Mm. vor. Sie sind mässig verdickt und überaus dicht getüpfelt, so dass die kleinen (0·004 Mm.) Tüpfelhöfe oft eckig abgeplattet sind.

Libriform- und Parenchymzellen sind 0·015 Mm. breit und wenig verdickt. Die Letzteren sind am Querschnitte an den Poren kenntlich und dadurch, dass sie oft grosse Krystalle enthalten.

Die Markstrahlen sind 1- —2-, höchstens 3reihig. Die Zellen sind radial wenig gestreckt, den Parenchymzellen durchaus ähnlich, und die einreihigen Markstrahlen haben auf Tangentialschnitten ganz das Aussehen von Krystallkammerfasern, weil die Elemente regelmässig quadratisch sind.

Ein Baum Ost-Indiens, dessen hellbraunes Holz weich und leicht ist.

Dombeya sp.

Eine Andeutung von Jahresringen und zahlreiche Markstrahlen sind kenntlich. Die Poren, meist in radialen Reihen, seltener isolirt oder in kleinen Gruppen, sind erst unter der Loupe sichtbar.

Die Gefässe variiren in der Grösse nicht bedeutend, die meisten sind etwa 0·045 Mm. weit. Ihre Verdickung ist ziemlich beträchtlich und die kleinen (0·004 Mm.) rundlich behöften Tüpfel sind durch Spalten

ausgezeichnet, die eine sehr schief ansteigende Spirale zusammensetzen. Das Grundgewebe besteht aus Libriform- und spärlichen, zerstreuten Parenchymfasern. Beide sind 0·02 Mm. weit und gleichmässig verdickt, so dass sie auf Querschnitten nur dann unterschieden werden können, wenn die poröse Wand einer Parenchymzelle in der Schnittebene liegt.

Die Markstrahlen sind 1- oder 2reihig.

Das hellgefärbte Holz ist sehr leicht und weich.

Guazuma ulmifolia Lam.

Fig. 57.

Der Querschnitt bietet dem unbewaffneten Auge ein gekörntes Aussehen dar. Mit der Loupe kann man die zerstreuten, zu kurzen radialen Reihen vereinigten Poren und die hellen, scharf gezeichneten Markstrahlen deutlich unterscheiden.

Die Gefässlumina sind radial gestreckt, mit einem Durchmesser von etwa 0·08 Mm. Die Verdickung ist beträchtlich, die Tüpfelung sehr klein (kaum 0·003 Mm.), rundlich.

Parenchymatische Elemente fehlen.

Das Grundgewebe besteht aus Fasern mit rundlichem oder elliptischem, 0·025 Mm. breitem Querschnitt, wovon nur 0·006 Mm. auf das Lumen entfallen. Die Fasern sind ohne Ausnahme gefächert und von einer Verdickungsschichte ausgekleidet, welche bestimmt nach der Bildung der Scheidewände entstanden ist.

Die Markstrahlen sind 1-—3reihig. Die Zellen sind stark verdickt und in ihren Dimensionen sehr wechselnd. Ihre Höhe beträgt zwischen 0·012 und 0·12 Mm. Ungemein häufig kommen in ihnen grosse Einzelkrystalle vor, welche von einer Hülle umgeben sind. Diese Membranen werden durch Chlorzinkjod nicht gefärbt und von der Schultze'schen Macerations-Flüssigkeit nicht zerstört, wesshalb sie sammt den eingeschlossenen Krystallen auch in isolirten Zellen deutlich sichtbar sind. Kali macht sie sehr stark quellen, conc. H_2 SO_4 löst sie.

Ein auf den Caraïben heimischer Baum mit ungemein hartem und schwerem Holze.

TILIACEAE.

Sowohl in der Anordnung der Elemente, als auch in ihrem feineren Baue sind die drei Gattungen so wesentlich von einander verschieden, dass man den Thatsachen Zwang anthun müsste, wollte man sie in einen Typus vereinigen. Es muss daher auf die specielle Beschreibung verwiesen werden, welche diesen Ausspruch genügend rechtfertigen wird.

Muntingia Calabura L.

Der Querschnitt erscheint mit freiem Auge wie von zahlreichen Nadelstichen durchbohrt. Markstrahlen sind kenntlich. Unter der Loupe erkennt man die grossen Poren, isolirt und gleichmässig zerstreut.

Die Gefässe sind fast gleich gross (0·12 Mm.), kreisrund, dünnwandig und mit feinen querelliptischen Tüpfeln besäet.

Parenchym kommt in der Umgebung der Gefässe und als isolirte Faserzüge im Libriform zerstreut vor. Die Zellen sind am Querschnitte von diesem nur wenig verschieden. Die Libriformfasern sind 0·012 Mm. breit, wovon die Hälfte auf das Lumen entfällt, in eine feine Spitze ausgezogen und ungewöhnlich reich getüpfelt.

Die Markstrahlen sind 4—8reihig. Die Zellen sind weitlichtiger als das Parenchym und führen wie dieses, Krystalle und braunen Inhalt.

Das unscheinbar braune Holz enstammt einem westindischen Baume.

Tilia microphylla Vent.[1] (*Tilia Europaea* L., *Tilia silvestris* Desf., *Tilia parvifolia* Ehrh.).

Fig. 58.

Jahresringe, Markstrahlen und Poren sind mit unbewaffnetem Auge nur schwer erkennbar. Unter der Loupe hebt sich ein Porenring am Anfange des Jahresringes ab.

Die Gefässe stehen in Gruppen und radialen Reihen, etwas reichlicher im Frühlingsholze. Sie sind unregelmässig contourirt, im Mittel 0·04 Mm. weit, im Herbstholze wenig enger. Ohne Ausnahme tragen sie an ihrer Innenfläche ein weit gewundenes Spiralband, die meisten überdies kleine, rundlich behöfte Tüpfel in wechselnder Menge.

Die parenchymatischen Elemente bilden einreihige, geschlängelte Züge, welche die Holzstrahlen quer durchsetzen, aber nicht parallel verlaufen. Die Zellen sind in radialer Richtung abgeplattet, dünnwandig, porös und von sehr verschiedener Breite (0·009—0·020 Mm.).

Auch die Libriformfasern sind wenig verdickt, 0·02 Mm. breit und von spärlichen Spalten durchbohrt.

Die Markstrahlen sind 1—3reihig. Die Zellen sind etwas stärker verdickt als das Parenchym und häufig weitlichtiger in verticaler Richtung.

Das Lindenholz ist weiss, sehr fein, leicht und weich.

Luehea grandifolia Mart. & Zucc.

Auf dem Querschnitte sind mit unbewaffnetem Auge nur spärliche zerstreute Poren zu unterscheiden. Die Markstrahlen werden erst unter der Loupe kenntlich.

Die Gefässe stehen immer allein und haben nahezu gleiche Grösse (0·1 Mm.). Sie sind nur wenig verdickt und dicht mit rundlichen Tüpfeln (0·006 Mm.) besetzt. In geringer Zahl finden sich auch lange schlauchförmige Tracheiden.

Einzeln oder wenige vereinigt und den Holzstrahl quer durchsetzend, im Libriform zerstreut oder an Gefässe angelagert kommen dünnwandige, weitlichtige (0·025 Mm.) Parenchymzellen vor, die durch ihren rothbraunen Inhalt in die Augen fallen.

Das Libriform ist an vielen Stellen deutlich radial gereiht. Die Fasern sind 0·02 Mm. breit, sehr stark verdickt und ihre Spaltentüpfel sind behöft.

Die Markstrahlen sind 1 oder 2 reihig. Die Zellen sind stärker verdickt wie die Parenchymzellen und so wie diese grossporig und von einer harzigen, rothbraunen Masse erfüllt.

Das Holz dieser in Brasilien einheimischen und daselbst „Açoita Caballos“ genannten Baumes ist von röthlich-brauner Farbe, ähnlich dem Holze der Cigarren-Kistchen, mit dem es auch die Härte und Spaltbarkeit theilt.

DIPTEROCARPACEAE.

Vatica laccifera W. & Arn.[2]

Fig. 59.

Von der Rinde 2 Mm. entfernt, parallel mit der Peripherie des Stammes verläuft eine rein weisse, glänzende Linie. Die Markstrahlen sind kenntlich. Unter der Loupe sieht man die zu radialen Gruppen vereinigten oder isolirten Poren und gelbe Pünktchen. Die Markstrahlen übersetzen die weisse Kreislinie.

Die Gefässe sind im Mittel 0·06 Mm weit, regelmässig contourirt, wenig verdickt und mit sehr kleinen Tüpfeln, hie und da auch mit grossen (0·01 Mm.) Poren besetzt. Die meisten Parenchymzellen sind um die Gefässe gelagert. Auf kurze Strecken bilden sie tangentiale Bänder, kommen wohl auch isolirt im Libriform vor. Dieses besteht aus stark, bis zum Schwinden des Lumens verdickter Fasern.

[1] Wiesner, Rohstoffe, p. 579.

[2] Ein 2 Cm. im Durchmesser haltendes Aststück.

Die Markstrahlen sind 1—4reihig. Die Zellen haben sehr verschiedene Dimensionen von den radial gestreckten sehr englichtigen bis zu quadratischen 0.02 Mm. breiten Formen.

Das hervorragendste Interesse nimmt die schon makroskopisch wahrnehmbare, den Holzkörper als Hohlcylinder durchsetzende weisse Substanz in Anspruch. Es lehrt die genauere Untersuchung, dass eine ringförmige Partie des Holzkörpers in der Breite von etwa 0·15 Mm. zerstört ist. Der so entstandene Hohlraum trennt den centralen Theil des Holzes von dem peripheren und beide sind nur durch die Markstrahlen brückenartig mit einander verbunden, obwohl auch letztere in ihrer Integrität nicht mehr erhalten sind. Die einreihigen sind ganz zerstört, den breiteren fehlen die Randzellen oder sie sind verändert. Der Hohlraum ist erfüllt mit einer talgartig klumpigen, homogenen, weissen, durchscheinenden Masse. Erwärmt man das Präparat unter Wasser, so wird die Substanz trübe, feinkörnig, es treten Tropfen auf und sie zieht sich an die Wände des Raumes zurück. Im heissen Alkohol ist sie vollkommen löslich. Man erkennt an dem so geklärten Präparate, dass die den Hohlraum begrenzenden Zellen verdünnt sind, aber eine Arrosion derselben habe ich nicht beobachtet. Mit Kali färbt sich die Substanz gelb, sie löst sich beim Erwärmen vollständig und die, nach vorheriger Neutralisation, mit Chlorzinkjod behandelten Zellen färben sich zum Theil citronengelb, zum Theil schmutzig violett. Es unterliegt demnach keinem Zweifel, dass wir es hier mit der eigenthümlich localisirten Bildung eines Harzes oder Fettes zu thun haben. Das ungenügende Material lässt mehrere Punkte unentschieden.

Von welchen Elementen nimmt die Desorganisation ihren Ursprung?

Ist es die Membran der Zellen oder ihr Inhalt (Markstrahlen und Parenchym enthalten 0·01 Mm. grosse runde Stärkekörner), welche zuerst ergriffen werden, und wie schreitet der Process fort? Wiederholt sich die Metamorphose in regelmässig concentrisch gelagerten Schichten?

TERNSTROEMIACEAE.

Ternstroemia sp.

Mit freiem Auge sieht man nur kenntliche Markstrahlen. Mit Hilfe der Loupe sieht man zwischen ihnen noch zahlreiche unkenntliche und sehr feine Poren.

Die zahlreichen Gefässe stehen immer isolirt. Die Lumina sind unregelmässig contourirt, nahezu gleich gross (0·035 Mm.). Sie sind sehr wenig verdickt und mit kreisrunden Tüpfeln mehr oder minder dicht bedeckt. Die Enden sind zugespitzt und tragen seitlich eine grosse, ovale, leiterförmige durchbrochene Öffnung.

Das Parenchym scheint zu den Gefässen in keiner Beziehung zu stehen. Es ist ihnen wohl häufig angelagert, aber ebenso oft kommen isolirte Faserzüge vor und diese können am Querschnitte von engen Gefässen oft nicht unterschieden werden. Sie sind gleichfalls sehr dünnwandig, 0·02 Mm. breit und kleinporig.

Die Libriformfasern sind stark verdickt. Bei einer Breite von 0·03 Mm. entfällt ein Drittheil auf das Lumen. Sie sind behöft getüpfelt, u. z. ist der Tüpfelhof mindestens so gross, häufig grösser (0·006 Mm.) als bei den Gefässen, wird aber von der schief gestellten Spalte überragt. Auch ist ihre Zahl gering.

Zwischen den 4—6 Zellen breiten Markstrahlen sind zahlreiche einreihige eingeschaltet. Ihre Zellen sind oft radial gestreckt, doch kommen auch viele isodiametrische mit kolossalen Dimensionen (0·045 Mm.) vor.

CLUSIACEAE.

Die beiden Gattungen, verschieden in der Anordnung der Gefässe, haben die Vertheilung der parenchymatischen Elemente gemein. Sie umgeben die Gefässe und bilden tangentiale Reihen, ein Verhältniss, welches bei *Mesua* besonders schön hervortritt, nicht allein, weil es hier thatsächlich sehr regelmässig ist, sondern auch weil die Parenchymgruppen von den ausserordentlich verdickten Libriformfasern scharf abgehoben erscheinen.

Der feinere Bau der Elemente zeigt Verschiedenheiten in mehrfacher Beziehung.

Entsprechend der relativ geringen Verdickung sind die Gefässtüpfel von *Mammea* bedeutend grösser als bei *Mesua*. Die Libriformfasern sind breiter und behöft getüpfelt.

Mesua ferrea L.

Der geglättete Querschnitt hat ein geriffeltes Aussehen, welches, wie die Loupe lehrt, dadurch bedingt ist, dass die zerstreuten Gefässporen durch tangentiale, gewellte Linien mit einander verbunden sind. Die Markstrahlen sind sehr zart.

Die Gefässe sind meist zu zweien oder dreien in eine radiale Gruppe vereinigt. Ihr Durchmesser ist verschieden und erreicht 0·1 Mm. Die Verdickung ist beträchtlich, die Tüpfelung klein (0·004 Mm.) rundlich. Den engsten Formen fehlt die Perforationsöffnung. Die meisten enthalten eine schmutzigbraune harzige Masse.

Ein Mantel von Parenchymzellen umgibt die Gefässe und setzt sich in einer Mächtigkeit von 3—4 Zellen seitlich fort bis zur nächsten Gefässgruppe. Dadurch entsteht die tangentiale Bänderung. Die Zellen sind reich porös, 0·02 Mm. und etwa dreimal so lang in axialer Richtung gestreckt. Doch kommen auch quadratische Formen vor, welche grosse Einzelkrystalle enthalten und Krystallkammerfasern zusammensetzen.

Die Libriformfasern sind lang zugespitzt, glattwandig, 0·012 Mm. breit und fast bis zum Verschwinden des Lumens verdickt.

Die Markstrahlen bestehen aus 1—2 Reihen englichtiger radial gestreckter Zellen. Ihre Membranen sind, wie die aller übrigen Elemente gelbbraun imprägnirt.

Der Nagasbaum Ostindiens liefert „Naga-Kesara", das „ceylonische Eisenholz". Es ist chocoladebraun, von ausserordentlicher Härte und Sprödigkeit, ähnlich dem Ebenholze.

Mammea americana L.

Der Querschnitt erscheint wie von Nadelstichen durchbohrt. Die Poren stehen immer vereinzelt, die Markstrahlen sind selbst unter der Loupe nur schwer erkennbar.

Die Gefässe haben einen mittleren Durchmesser von 0·12 Mm. Sie sind wenig verdickt und haben breite (0·01 Mm.) elliptische Tüpfel.

Die Parenchymzellen zeigen dieselbe Gruppirung wie bei *Mesua*, wenngleich mit geringerer Regelmässigkeit. Sie umgeben die Gefässe und bilden tangentiale Reihen, welche häufig unterbrochen sind. Das augenfällige Hervortreten dieser Anordnung leidet darunter, dass zwischen Parenchym und Libriform die Verschiedenheiten in Lumen und Verdickung nicht so beträchtlich sind wie bei der vorigen.

Die Libriformfasern sind nämlich bei einer durchschnittlichen Breite von 0·015 Mm. nur mässig verdickt. Ihre kleinen Tüpfel sind behöft.

Die Markstrahlen sind 1—3reihig.

Das Holz dieses auf den westindischen Inseln heimischen Baumes ist röthlichgelb, ziemlich dicht und mässig hart.

HYPERICACEAE.

Ancistrolobus ligustrinus Spach. (*Hypericum cochinchinense* Lour.).

Die Jahresgrenzen sind angedeutet. Im Übrigen erscheint der Querschnitt dem unbewaffnetem Auge nach Art eines zarten Gewebes gezeichnet. Mit Hilfe der Loupe unterscheidet man die dicht gereihten, feinen Markstrahlen, welche von zarten gewellten Linien gekreuzt werden. Die Poren sind in wechselnder Menge regellos zerstreut, häufig radiale Reihen bildend.

Die Weite der Gefässe variirt nur unbedeutend. Sie beträgt im Mittel 0·06 Mm. Ihre Wand ist stark verdickt und mit entsprechend kleinen (0·003 Mm.) kreisrund behöften Tüpfeln dicht besetzt.

Das Parenchym bildet 2—3 Zellen breite, geschlängelte, tangentiale Reihen, welche häufig unterbrochen sind. Es scheint zu den Gefässen in keiner Beziehung zu stehen, indem diese nur dann von Parenchym umsäumt sind, wenn sie sich im Verlaufe ihrer concentrischen Züge befinden.

Die Zellen sind bedeutend dünnwandiger und breiter als die Libriformfasern (0·01 Mm.), welche am Querschnitte rundlich und sehr stark verdickt sind.

Die zahlreichen Markstrahlen bestehen aus einer oder zwei Reihen weitlichtiger Zellen.

Das Holz ist schön braun gefärbt, sehr hart und zähe.

TAMARICACEAE.

Tamarix africana Poir.

Die Jahresringe und Markstrahlen sind deutlich erkennbar. Mit Hilfe der Loupe sieht man neben den breiten auch einige feine Markstrahlen. Die Poren bilden einen Ring im Frühlingsholze, im Spätholze bilden sie kleine Gruppen, unregelmässig in Form und Anordnung.

Die Gefässe sind oft unregelmässig contourirt, im Frühlingsholze bis 0·06 Mm. weit neben bedeutend kleineren. Im Herbstholze prävaliren faserförmige Tracheïden. Die Tüpfel sind sehr klein, der rundliche Hof kaum zu unterscheiden.

Einzelne Parenchymfasern sind an die Gefässe angelagert.

Die Libriformfasern sind 0·012 Mm. breit. Ihre Verdickung ist beträchtlich und nimmt im Herbstholze merklich zu.

Die Markstrahlen sind aus 1—4 Reihen Zellen zusammengesetzt, welche weitlichtiger als die Parenchymzellen sind.

Das Holz der Tamarisken ist hell gefärbt, sehr hart und fein.

HUMIRIACEAE.

Humiria balsamifera Aubl.

Der Querschnitt ist gekörnt. Unter der Loupe sieht man erst zahlreiche, sehr feine Markstrahlen. Die Poren stehen immer allein und sind von einem kleinen hellen Hofe umgeben.

Die Gefässe sind sehr zahlreich, meist 0·15 Mm. weit. Die Verdickung ist nicht beträchtlich, die elliptischen Tüpfel 0·006 Mm. breit.

Das Vorkommen von Parenchymzellen ist auf die Umgebung der Gefässe beschränkt, u. z. derart, dass sie seitlich in grösserer Menge angehäuft sind und eine Verbindung zwischen benachbarten Gefässen herstellen. Sie sind etwa 0·02 Mm. breit, mässig, den Gefässen gleich, verdickt.

Das Libriform zeigt radiale Anordnung. Die grösste Breite der Fasern erreicht die des Parenchyms, aber sie sind mächtig verdickt und ihre spärlichen Spalten erweitern sich hofartig.

Alle Zellmembranen sind intensiv gelb gefärbt.

Die Markstrahlen sind oft durch Gefässe aus ihrer Richtung abgelenkt. Sie sind immer einreihig und die Zellen weitlichtig, dünnwandig wie das Parenchym.

In Guyana, der Heimat des Baumes, heisst das Holz „bois rouge", auf Jamaica „Gommier de montagne" auch „bois à flambeau". Es ist hart und schwer und ist gewöhnlich das Material für die Zuckerfässer.

AURANTIACEAE.

Citrus vulgaris Risso.

Der Querschnitt scheint durch zarte, wellige Linien concentrisch geschichtet. Die Markstrahlen sind unkenntlich. Sparsame Poren sind regellos zerstreut.

Die Gefässe sind meist zu kurzen radialen Reihen vereinigt und stehen in grossen Abständen von einander. Sie sind bis 0·06 Mm. weit, kurzgliedrig, stark verdickt und sehr klein getüpfelt.

Parenchymatische Elemente umgeben die Gefässe und bilden tangentiale, mehrere Zellen breite Reihen, welche makroskopisch deutlicher zu erkennen sind als bei starker Vergrösserung, weil die Dimensionen der Parenchymzellen am Querschnitte wenig verschieden sind von jenen des Libriform. Oft enthalten sie grosse Krystalle. Die Fasern sind 0·012—0·015 Mm. breit, mässig verdickt, hie und da an der Spitze gegabelt.

Die Markstrahlen sind 1—3reihig. Die Zellen sind 0·018 Mm. breit, wie die meisten Parenchymzellen, denen sie in allen Punkten gleichen.

Citrus medica Risso.,
Citrus Aurantium Risso,
Citrus decumana L.,
Citrus japonica Thunb.

Für alle diese Arten gilt im Wesentlichen die Beschreibung von *Citrus vulgaris* Risso. Die Unterschiede beziehen sich auf geringfügige, wahrscheinliche individuelle Abweichungen in der Menge der Gefässe (besonders zahlreich bei *Citrus medica* und *Citrus japonica*) und in der Verdickung der Elemente (dünnwandige Gefässe bei *Citrus Aurantium*).

Die zahlreichen Arten dieser Gattung haben ein in verschiedenen Nuancen gelb gefärbtes, feines, hartes Holz.

MELIACEAE.

Bloss in der Anordnung der parenchymatischen Elemente, welche die Gefässe umlagern und tangentiale Bänder bilden, verrathen *Melia* und *Carapa* (auch *Cabralea?*) ihre Zusammengehörigkeit. *Guarea* besitzt kein Parenchym. Der den Zedarach vor den tropischen Arten auszeichnende Porenring im Frühlingsholze ist wohl als eine durch klimatische Einflüsse bedingte Modification der Gefässvertheilung aufzufassen, sowie die damit zusammenhängende Parenchymhäufung im Beginne der Vegetationsperiode. Die zarte spiralige Streifung der Gefässwände ist für diese Art charakteristisch. Die bei *Carapa Guyanensis* Aubl. beschriebene Bildung einer harzartigen Masse aus den Zellwänden ist ein Vorgang, wie er von Vogl[1] für die Entwickelung des Angelinharzes in *Fereira spectabilis* und von mir[2] bei der Entstehung des Acacien-Gummi beobachtet wurde.

Es muss übrigens erwähnt werden, dass von einer aus dem Holze spontan ausfliessenden oder künstlich zu gewinnenden Substanz, nichts bekannt ist.

Melia Azedarach L.

Fig. 60.

Die Jahresgrenzen sind durch einen Porenring im Frühlingsholze scharf abgesetzt. Weiterhin sind die Poren regellos zerstreut und im Herbstholze folgen einige zarte concentrische Kreislinien[3]. Die Markstrahlen sind sehr fein.

Die Gefässe, meist von einer braunrothen, harzigen Masse erfüllt, sind im Frühlingsholze zahlreich und meist isolirt. Die auf den Porenring folgenden Gefässe stehen in Gruppen oder radialen Reihen. Das Herbstholz ist frei von Gefässen. Ihr Lumen erreicht 0·15 Mm., selbst darüber, die Wand ist mässig verdickt, zart spiralig gestreift, klein getüpfelt. Besonders deutlich ist die spiralige Streifung in den zahlreichen faserförmigen Tracheiden.

Das Parenchym umhüllt die Gefässe, bildet daher im Frühlingsholze das Grundgewebe. Es kommt in verschiedenen Formen vor. Als Ersatzfasern und axial gestreckte Zellen von verschiedener Breite (0·009 bis 0·015 Mm.) mit grossen Poren und als quadratische Zellen, welche Krystallkammerfasern zusammensetzen. Im Herbstholze, wo die Gefässe fehlen, bildet das Parenchym bis zu 6 Zellen breite tangentiale Bänder.

Die Libriformfasern sind 0·01 Mm. breit und ziemlich stark verdickt.

Die Markstrahlen sind bis zu 6 Zellenreihen breit.

Der ursprünglich aus Asien stammende Paternosterbaum, Lilas de Chine, liefert ein braunes, hartes Holz.

---

[1] Vogl, Jahrb. f. w. Bot. IX.

[2] J. Moeller, Sitzungsber. d. kais. Akad. d. Wissensch. 1875.

[3] An einem Muster (8jährig) aus der Sammlung des allg. österr. Apotheker-Vereins fehlen diese.

Guarea grandifolia DC. (*Melia Guara* Jacq., *G. trichilioides* L.).

Dem unbewaffneten Auge erscheint der Querschnitt fein punktirt. Mit Hilfe der Loupe erkennt man die sehr genäherten, feinen Markstrahlen und zerstreute Gefässporen isolirt oder in kurzen radialen Reihen.

Die Gefässe sind 0·06 Mm. weit, dünnwandig und mit grossen (0·006 Mm.), rundlichen Tüpfeln dicht besetzt. Spärliche Tracheiden sind ihnen angelagert.

Parenchymatische Elemente kommen nicht vor.

Die Libriformfasern sind sehr stark verdickt. Bei einer Breite von 0·025 Mm. kommen nur 0·006 Mm. auf das Lumen. Ihr Querschnitt ist rundlich, ihre Enden sind lang zugespitzt.

Die Markstrahlen sind 1—3reihig. Die Zellen sind wenig verdickt, Die Poren relativ gross, die Dimensionen äusserst schwankend.

Das Holz kam mit der Bezeichnung „bois de pitolet" aus Guadeloupe. Es hat eine schöne braune Farbe und ist ungewöhnlich hart und schwer.

Carapa guyanensis Aubl.

Der Querschnitt ist wie von spärlichen Nadelstichen durchbohrt. Unter der Loupe sind die Markstrahlen kenntlich, die Poren sind hie und da zu kurzen radialen Gruppen vereinigt. In grossen Abständen verlaufen verschwommene tangentiale Linien.

Die Gefässe erreichen nur selten die Weite von 0·15 Mm. Sie enthalten einen Wandbeleg oder sind erfüllt von einer dunkelbraunrothen, harzigen Masse, von welcher auch die Membran imprägnirt ist, so dass nur an wenigen intacten Stellen die kleine Tüpfelung sichtbar ist. Dasselbe gilt von den mit den Gefässen vereinigten Tracheiden.

Das Parenchym hat dieselbe Anordnung wie bei *Melia*, nur sind die tangentialen Bänder weniger regelmässig und oft unterbrochen. In den Parenchymgruppen habe ich Harzräume beobachtet, deren Entstehung unzweifelhaft auf die Umwandlung der Zellmembranen zurückgeführt werden muss. Im ersten Stadium der Metamorphose tritt eine honiggelbe Intercellularsubstanz auf. Sie verbreitet sich über einen grösseren Zellencomplex und nimmt an Menge auf Kosten der Zellmembranen zu; denn die der Harzmasse zugekehrten Flächen und die von ihr eingeschlossenen Zellen sind verdünnt, nur die innere Contour ist scharf gezeichnet, während die äussere geschwunden ist und allmälig in die homogene Zwischensubstanz übergeht, ähnlich einer quellenden Membran. Endlich sieht man unregelmässig begränzte Räume, die von einer gelben Masse vollständig erfüllt sind. Dass diese nicht aus einer Intercellularsubstanz durch Verdrängung der Zellen, sondern direct aus diesen selbst hervorgegangen sind, beweisen die zelligen Einschlüsse in verschiedenem Grade der Conservirung, von ziemlich wohlerhaltenen Zellen, bis zu solchen, deren Membran gänzlich geschwunden und nur der krümelige, dunkelbraune, ursprüngliche Inhalt (Protoplasmareste?) erhalten ist.

Die Libriformfasern sind im Mittel 0·015 Mm. breit, mässig verdickt.

Die Markstrahlen sind 1—5reihig. Die Zellen haben beträchtliche radiale Streckung und krümeligen, braunen Inhalt, wie die Parenchymzellen.

Das Holz hat eine schöne zimmetbraune Farbe mit goldgelben Schimmer. Es ist ziemlich hart.

Cabralea sp.

Unter der Bezeichnung „Cangerana" befindet sich in der Sammlung des allg. österr. Apotheker-Vereins ein Holz aus Brasilien, das in Aussehen und Härte vollkommen mit der oben beschriebenen von der Ausstellung 1873 (Guyana) herrührenden *Carapa* übereinstimmt.

Die mikroskopische Untersuchung bestätigt die nahe Verwandtschaft dieser beiden Hölzer. Anordnung und Bau der Elemente ist gleich nur sind diese bei der „Cangerana" grösser. Die Gefässlumina übersteigen oft 0·15 Mm., die tangentialen Bänder von Parenchym sind schon makroskopisch erkennbar, weil sie aus weitlichtigen (—0·03 Mm.) Zellen bestehen, die Libriformfasern sind 0·02 Mm. breit.

CEDRELACEAE.

Das echte Mahagoni, wegen seiner gleichmässigen Textur das werthvollste Kunstholz, ist ausgezeichnet durch seine kleinen Gefässe, durch die unregelmässig im Libriform zerstreuten und relativ grossen Parenchymzellen und durch die feinen Markstrahlen — Eigenschaften, welche das Holz dem unbewaffneten Auge vollkommen homogen erscheinen lassen.

Bei *Cedrela* und *Khaya* sind die Markstrahlen breiter, die Gefässe weit und von einer Parenchymschichte umgeben, die bei der ersteren sehr umfangreich ist.

Eine besondere Eigenthümlichkeit bieten die Libriformfasern dieser beiden Gattungen dar. Den gewöhnlichen, glatten, lang spindelförmigen Fasern sind in grosser Menge geweihähnliche, mannigfach gekrümmte Formen untermischt. Unter diesen sind parabolisch gekrümmte nicht selten, und ich muss ausdrücklich den Verdacht zurückweisen, dass sie durch Maceration hervorgerufene Artefacte seien. Wie vorauszusehen, findet dieser aussergewöhnliche Bau[1], welcher einer Verankerung der Elemente vergleichbar ist, Ausdruck in den physikalischen Eigenschaften des Holzes. Es ist beinahe unspaltbar. Die Widerstandsfähigkeit desselben gegen mechanische Einwirkung, besonders bei *Khaya*, welche auch beträchtlich hart ist, muss enorm sein. Leider sind Versuche in dieser Richtung mit geringem Material nicht ausführbar.

Swietenia Mahagoni L.[2]

Fig. 61.

Der Querschnitt erscheint dem unbewaffneten Auge vollkommen homogen. Selbst unter der Loupe werden die Markstrahlen und Gefässporen nur mit Mühe erkannt.

Die Gefässe stehen isolirt oder in radialen Gruppen regellos zerstreut. Alle haben nahezu dieselbe Weite von 0·04—0·05 Mm. und haben kleine Tüpfel oder Poren von beträchtlicher Breite.

Im Vergleich zu den Gefässen sind die Parenchymzellen weit (0·02 Mm.). Sie kommen im Grundgewebe zerstreut vor, und nur hie und da scheinen sie auf kurze Strecken tangentiale Bänder zu bilden. Sie sind dünnwandig, mit ziemlich grossen Poren.

Die Libriformfasern sind 0·015 Mm. breit, mässig verdickt und von äusserst feinen Spalten durchbohrt. Sehr selten sind sie verästigt.

Die Markstrahlen sind 1—2reihig. Die Zellen gleichen den Parenchymzellen im Bau, unterscheiden sich aber von ihnen durch einen rothbraunen Inhalt.

Die Heimat des echten Mahagoni, „Bois d'acajou“, ist Westindien. Das braune, stark nachdunkelnde Holz ist nicht sehr hart, schlecht spaltbar, äusserst fein, daher fähig, die schönste Politur anzunehmen.

Cedrela odorata L.[3]

Fig. 62.

Der Querschnitt ist durch zarte concentrische Kreislinien in 2—3 Cm. breite Ringe getheilt. Die Markstrahlen sind fein aber scharf gezeichnet. Die Poren spärlich zerstreut. Die Loupe fügt diesem Bilde nichts Wesentliches hinzu. Die Poren sind mitunter zu Paaren vereinigt und mit einem gelben Inhalt verstopft.

Die Gefässe sind sehr regelmässig contourirt, elliptisch. Die grössere, radiale Axe erreicht oft 0·3 Mm. Sie sind dünnwandig und klein getüpfelt. Enge, nicht perforirte Formen werden nur selten angetroffen.

Eine mächtige Schichte weitlichtiger (0·03 Mm.), sehr dünnwandiger Parenchymzellen umgibt die Gefässe. Kleinere Gruppen unterbrechen oft das Grundgewebe, ohne jedoch zusammenhängende Schichten zu bilden. Die Zellen haben nur geringe axiale Streckung und kleine Poren.

Im Libriform findet man neben den gewöhnlichen glatten, im Mittel 0·015 Mm. breiten, wenig verdickten Fasern auch Formen, welche hufeisenförmig gekrümmt und in bizarrer Weise verästigt sind.

[1] Ähnlich gekrümmte Libriformfasern habe ich im Wurzelholze der *Erica arborea*, racine de Bruyère, gefunden.

[2] Wiesner, Rohstoffe, p. 575.

[3] Wiesner, Rohstoffe, p. 574.

Die Markstrahlen sind mehr- bis fünfreihig. Ihre Zellen sind radial bedeutend gestreckt, nicht so weitlichtig wie das Parenchym.

Das Cedrelaholz, spanisches Cedernholz, Acajou femelle, stammt aus Westindien. Es hat eine röthliche Farbe, ist leicht und weich, sehr unregelmässig spaltbar und wird vorzüglich für Zucker- und Cigarrenkisten verwendet.

Khaya senegalensis Adr. Juss. [1]

Durch feine, helle concentrische Kreislinien, die in mehrere Centimeter breiten Abständen verlaufen, ist der Ringbau des Stammes angedeutet. Die Markstrahlen sind kenntlich, die zerstreuten Poren mit freiem Auge sichtbar.

Die Gefässe, isolirt oder in kleinen radialen Gruppen stehend, sind bis 0·1 Mm. weit, ziemlich stark verdickt und sehr klein getüpfelt.

Parenchymatische Elemente kommen in der Umgebung der Gefässe vor, ohne diese vollkommen einzuhüllen, und ausserdem im Grundgewebe zerstreut in Form kleiner Bündel. Nur in grossen Abständen, den makroskopisch sichtbaren concentrischen Kreislinien entsprechend, bilden sie regelmässige tangentiale Bänder. Die Zellen sind weitlichtig, etwas verdickt und grob porös.

Die Libriformfasern haben dieselben eigenthümlich verzweigten, geweihähnlichen und verbogenen Formen, wie bei *Cedrela*, aber sie sind bedeutend stärker verdickt.

Die Markstrahlen sind 1—5reihig. Die Zellen der einreihigen zeigen meist keine radiale Streckung und können leicht für Holzparenchym gehalten werden. In ihren Dimensionen zeigen sie grosse Verschiedenheiten.

Das Caïl-Cedra-Holz, Madeira-Mahagoni, hat rothbraune Farbe und ist härter und schwerer als echtes Mahagoni, aber weniger homogen.

ACERACEAE.

Acer rubrum L.

Die Jahresringe sind undeutlich geschieden; die Markstrahlen sind kenntlich. Unter der Loupe erscheinen, gleichmässig zerstreut, kleine, nach aussen noch kleiner werdende Poren.

Die Gefässe stehen wohl meist isolirt, doch kommen auch radiale Reihen zur Beobachtung. Ihre Weite beträgt höchstens 0·06 Mm. Sie sind wenig verdickt und ihr Relief ist verschieden. Die einen sind bloss getüpfelt, u. z. sind die Höfe zierlich um eine Querspalte sechseckig abgeplattet. Dazu kommt bei vielen noch eine zarte Spirale, und wieder andere sind bloss spiralig verdickt, ungetüpfelt.

Es ist nicht möglich, am Querschnitte die Libriformfasern von den Parenchymzellen zu unterscheiden. Das Vorkommen der letzteren wird aber durch Maceration ausser Zweifel gestellt. Sie bilden einzelne Faserzüge im Libriform. Die Libriformfasern sind mässig verdickt, 0·015 Mm. breit und von feinen Spalten durchbohrt.

Ausser den makroskopisch erkennbaren 4—6 Reihen breiten Markstrahlen kommen auch 1—2reihige Strahlen vor. Die Zellen sind radial bedeutend gestreckt und ihre Höhe übersteigt die Breite etwa um das Doppelte.

Acer platanoides L. [2]

Diese Art stimmt im Baue vollkommen mit der vorigen überein. Die geringfügigen Unterschiede in der Grösse der Elemente sind wohl auf individuelle Verhältnisse zurückzuführen.

Das hell gefärbte, in das Gelbe oder Röthliche schimmernde Ahornholz ist hart, ziemlich schwer ($D=0·56—0·8$) und sehr fein. Es ist vollkommen spaltbar.

---

[1] Wiesner, Rohstoffe, p. 577.

[2] Wiesner, Rohstoffe, p. 573.

MALPIGHIACEAE.

Malpighia sp. (*Hort. bot. Jenensis*).

Jahresringe und Markstrahlen sind nur undeutlich, die spärlichen, isolirten Poren nur mit Hilfe der Loupe erkennbar.

Nur selten stehen die Gefässe zu kurzen radialen Reihen gruppirt. Ihr Durchmesser erreicht 0·06 Mm., ihre Wand ist wenig verdickt und trägt kleine, kreisrunde Tüpfel.

Parenchymzellen kommen nur in sehr beschränkter Menge in der Umgebung der Gefässe vor.

Die Libriformfasern sind 0·018 Mm. breit, relativ dünnwandig und zumeist gefächert.

Die Markstrahlen sind 1—3reihig.

Das gelbe Holz ist fein und ziemlich hart.

ERYTHROXYLACEAE.

Erythroxylon havanense Jacq.

Der Querschnitt erscheint dem unbewaffneten Auge äusserst fein punktirt. Mit Hilfe der Loupe sieht man ausser zahlreichen Poren auch helle Pünktchen und feine Markstrahlen.

Die Gefässe sind selten isolirt oder in kleine Gruppen vereinigt, meist bilden sie längere radiale Reihen. Ihr Lumen übersteigt nicht 0·05 Mm., die Wand ist stark verdickt und mit relativ grossen (0·005 Mm.) Tüpfeln dicht besetzt. Die engen Gefässe sind nicht perforirt.

Das Parenchym scheint ordnungslos vertheilt zu sein. Es ist zwar häufiger den Gefässen angelagert, doch kommt es auch isolirt im Libriform vor und vereinigt sich auf kurze Strecken zu tangentialen Reihen. Die Zellen sind dünnwandig, im Mittel 0·015 Mm. breit. Mitunter haben sie conjugirende Fortsätze.

Die Libriformfasern sind etwas schmäler (0·012 Mm.), aber ungemein stark, fast bis zum Schwinden des Lumens verdickt. Der grösste Theil der Verdickung färbt sich mit Chlorzinkjod violett, nur ein schmaler, scharf getrennter äusserer Saum der Fasern ist verholzt.

Die Markstrahlen sind 1—3reihig. Die Zellen sind radial gestreckt, seitlich sehr zusammengedrückt.

Das Holz ist röthlich gefärbt, sehr fein und hart.

SAPINDACEAE.

Sapindus Saponaria L.

Fig. 63.

Der Querschnitt ist von feinen zickzackförmigen Linien gewellt. Die Markstrahlen erkennt man nur unter der Loupe deutlich, ebenso die nicht sehr zahlreichen, zerstreuten Poren.

Die Gefässe stehen häufig isolirt, seltener in kurzen radialen Reihen. Sie sind regelmässig contourirt, bis 0·1 Mm. weit, ziemlich derbwandig und relativ gross (0·006 Mm.) getüpfelt.

Die etwa 6 Zellen breiten tangentialen Parenchymbänder verbinden die Gefässe und hüllen sie ein. Ihr Verlauf ist nicht parallel, sondern geschlängelt und oft unterbrochen. Die Zellen sind weitlichtig (0·02 Mm.), dünnwandig und klein porös.

Die Libriformfasern sind nur 0·012 Mm. breit, mässig verdickt.

Die Markstrahlen sind 1—4reihig. Die Zellen im Allgemeinen schmal, radial gestreckt, nur an den Kreuzungsstellen mit den Parenchymbändern werden die Zellen breiter, so dass der Markstrahl am Querschnitte einem mit Internodien besetzten Stengel gleicht.

Ein auf den Caraïben heimischer Baum, der aber auf den französischen Colonien in West-Afrika cultivirt wird. Das Holz ist hart und dicht, hell von Farbe.

Sapindus Surinamensis Poir.

Eine tangentiale Bänderung des Querschnittes ist auch unter der Loupe nicht erkennbar. Die Markstrahlen sind kenntlich. Die Poren sind gross, isolirt, höchstens zu Paaren und von einem hellen, schmalen Hofe umsäumt.

Die Gefässe sind sehr regelmässig kreisrund oder breitelliptisch und beinahe gleich gross (0·12 Mm.). Sie sind dünnwandig und mit grossen (0·01 Mm.) rundlich behöften Spaltentüpfeln besetzt.

Eine beträchtliche Menge von Parenchym umgibt die Gefässe und breitet sich seitlich aus; aber nur ausnahmsweise vereinigen sich die Parenchymgruppen mehrerer benachbarter Gefässe zu tangentialen Bändern.

Da die Libriformfasern breit (0·018 Mm.) und nur wenig stärker verdickt sind als die dünnwandigen Parenchymzellen, so ist die Übersicht ihrer Anordnung nicht sehr augenfällig.

Die Markstrahlen bestehen aus höchstens 3 Reihen radial stark verlängerter, sonst dem Parenchym gleichenden Zellen.

Das Holz ist hell gefärbt, weich und leicht.

Einige durch ihre Härte ausgezeichnete Holzproben afrikanischer *Sapindus*-Arten, welche von der Ausstellung 1873 herrühren, zeigen übereinstimmend die Anordnung des Parenchyms wie bei *S. Saponaria.* Sie ist nur durch die sehr beträchtliche Verdickung des Libriforms auffälliger.

HIPPOCASTANACEAE.

Aesculus Hippocastanum L.

Fig. 64.

Der Querschnitt ist sehr homogen, die Jahresgrenzen und Markstrahlen sind nur mit Mühe erkennbar. Unter der Loupe werden beide deutlicher, die ausserordentlich kleinen Poren sind zerstreut (nach Nördlinger dendritisch verbunden) und ihre Menge nimmt im Herbstholze ab.

Die Zahl der Gefässe im Frühlingsholze ist beträchtlich. Sie sind bis zu sieben in radiale Reihen gruppirt. Ihr Lumen übersteigt selten 0·03 Mm., ist unregelmässig contourirt. Die sehr wenig verdickte Membran trägt kreisrunde (0·005 Mm.) Tüpfel und mitunter auch eine feine Spirale (wie *Acer*). Die Querwände sind vollständig resorbirt.

Parenchymzellen und Ersatzfasern sind nur in sehr geringer Menge vertreten. Ihre Unterscheidung auf Schnitten ist kaum möglich, weil ihre Dimensionen mit den Libriformfasern fast identisch sind. Diese sind 0·015 Mm. breit, wovon kaum ein Viertel auf die Membranen entfällt.

Die Markstrahlen bestehen bloss aus einer Reihe radial gestreckter, reich poröser, den Parenchymzellen an Grösse gleichen Zellen.

Das Holz der Rosskastanie ist weiss, weich.

Aesculus chinensis Bge.

Zur Unterscheidung dieser Art lassen sich keine anatomischen Merkmale angeben.

STAPHYLEACEAE.

Staphylea pinnata L.

Für das unbewaffnete Auge ist der Querschnitt homogen. Die zarten Jahresgrenzen und Markstrahlen, nadelstichgrosse Poren werden unter der Loupe sichtbar.

Die Zahl der Gefässe nimmt nach aussen um Weniges ab. Beträchtlicher ist der Grössenunterschied, da das Lumen der Frühlingsgefässe im Mittel 0·035 Mm., jenes der Herbstgefässe nur 0·015 Mm. beträgt. Sie sind sehr dünnwandig, daher von den umlagernden stark verdickten Elementen in unregelmässig eckige For-

men gedrückt. Die Seitenwände sind spärlich mit grossen (0·006 Mm.) runden Tüpfeln besetzt. Sie sind mit stumpfen, leiterförmig durchbrochenen Enden ineinandergeschoben.

Parenchym ist nur in vereinzelten Faserzügen äusserst spärlich anzutreffen.

Das Grundgewebe besteht aus sehr stark verdickten, behöft getüpfelten Fasern, deren Querschnitt oft viereckig und etwa 0·015 Mm. breit ist.

Die Markstrahlen sind 1 oder 2reihig. Die Zellen sind dünnwandig, grobporig.

Das Pimpernussholz ist hellgelb, hart und ausgezeichnet fein.

CELASTRACEAE.

Das fehlende Parenchym, die spiralig verdickten Libriformfasern und die Spirale in den Gefässen unterscheiden *Evonymus* von *Dulongia*, welch' letztere durch die leiterförmig durchbrochene Querwand sich an *Staphylea* anlehnt.

Die Libriformfasern von *Staphylea* und *Evonymus* sind behöft getüpfelt, und die letzteren zeigen gleich den Gefässen auch spiralige Verdickung.

Evonymus europaeus L. [1]

Die Jahresringe sind deutlich durch helle zarte Linien abgegrenzt. Die zahlreichen, feinen Markstrahlen erkennt man nur unter der Loupe scharf, die Poren sogar nur an zarten Durchschnitten.

Im Herbstholze nehmen die Gefässe an Grösse und Menge ab. Ihr Durchmesser überschreitet selbst im Frühlingsholze kaum 0·025 Mm. Sie sind sehr dünnwandig, unregelmässig contourirt und mit spärlichen, 0·006 Mm. weiten, runden Tüpfeln, häufig auch mit einer zarten Spirale versehen. Trotzdem auch hier die Gefässe spitz endigen, so stehen sie doch durch seitliche Löcher mit einander in Verbindung.

Parenchym habe ich nicht auffinden können.

Das Grundgewebe besteht aus 0·012 Mm. breiten, behöft getüpfelten Fasern, die etwas weniger verdickt sind als jene von *Staphylea*, und deren Querschnitt unregelmässig ist.

Ein grosser Theil der Libriformfasern ist spiralig verdickt.

Die Markstrahlen sind eine, selten zwei Zellen breit.

Das Holz des Spindelbaumes gleicht dem Pimpernussholze im Aussehen und in seinen Eigenschaften.

Dulongia acuminata H. B. Kunth. (*Phyllonoma ruscifolia* Willd.).

Der Querschnitt erscheint dem unbewaffneten Auge vollkommen homogen. Selbst mit Hilfe der Loupe sind die überaus feinen Markstrahlen und kleinen Poren nur schwer zu unterscheiden.

Die Gefässe sind sehr reichlich entwickelt, stehen in radialen Reihen und weisen Lumina von 0·035 Mm. und sehr unregelmässig contourirten Querschnitt auf. Sie sind spindelförmig, mitunter in eine lange Spitze ausgezogen und stehen durch seitlich angebrachte, lang elliptische, leiterförmig durchbrochene Öffnungen in Verbindung. Sonst trägt die Membran dicht gedrängte kleine Tüpfel.

Regellos zerstreut in ziemlich beträchtlicher Menge kommen dünnwandige 0·02 Mm. weite Parenchymzellen vor, welche zu den Gefässen in keiner Beziehung stehen, und mit diesen auf Querschnitten leicht verwechselt werden können.

Die Libriformfasern sind gleichfalls 0·02 Mm. breit, aber nur ein Dritttheil entfällt auf das Lumen. Sie treten quantitativ in den Hintergrund.

Die Markstrahlen bestehen aus einer oder zwei Reihen dem Parenchym ähnlicher Zellen.

Stammt aus Peru. Das weisse Holz ist bei mässiger Härte ausgezeichnet fein.

---

[1] Wiesner, Rohstoffe, p. 569.

HIPPOCRATEACEAE.

Hippocratea indica Willd.

Mit unbewaffnetem Auge sieht man ausser einer verschwommenen Ringbildung nur undeutliche Markstrahlen. Unter der Loupe erscheint der Querschnitt mit Poren [1] besäet.

Die mittlere Grösse der Gefässe, welche nur unbedeutenden Schwankungen unterworfen ist, beträgt 0·06 Mm. Die Anordnung ist über den ganzen Querschnitt gleichmässig dicht, nur eine schmale Herbstzone ist frei von Gefässen. Dabei ist eine Tendenz zur Gruppenbildung nicht wahrnehmbar, obwohl mitunter mehrere Gefässe bis zur Berührung genähert sind. Die Verdickung ist beträchtlich, die Tüpfel jenen der Coniferen ähnlich, rund, 0·006 Mm. breit. Nicht perforirte spindelförmige Fasern mit einer Tüpfelung, welche an Menge und Form jener der Gefässe gleicht, kommen in beträchtlicher Menge vor. Sie sind von den Libriformfasern zu unterscheiden, welche dieselbe Breite (0·018 Mm.) und Verdickung haben, die aber schärfer zugespitzt sind und viel spärlicher und kleiner, gleichfalls behöft, getüpfelt sind.

Parenchymatische Elemente sind so spärlich vertreten, dass sie sich leicht der Beobachtung entziehen. Die Zellen sind 0·025 Mm. breit und durch conjugirende Fortsätze ausgezeichnet.

Die Markstrahlen bestehen aus 1—4 Reihen schmaler, häufig Krystall führender Zellen.

Das Holz ist mässig hart, sehr fein und seidig glänzend.

AQUIFOLIACEAE.

Ilex Aquifolium L.

Die Jahresgrenzen sind durch zarte Linien kenntlich. Zwischen den breiten sind zahlreiche feine Markstrahlen, welche aber, sowie die Poren, nur an feinen Querschnitten mit Hilfe der Loupe zu unterscheiden sind.

Unter dem Mikroskope sieht man 0·02 Mm. breite, am Querschnitte abgerundet viereckige Gefässlumina, isolirt, in Gruppen und in langen radialen Reihen. Isolirt man aber die Elemente, so überzeugt man sich, dass diese Gefässe nicht perforirt und im Baue durchaus nicht verschieden sind von den nur 0·01 Mm. breiten Fasern und nur durch geringe Zahl von Zwischenstufen als etwas Eigenartiges imponiren. Ich muss der Angabe von Sanio entgegentreten, welcher leiterförmige Perforation der Gefässe angibt. Ich habe überhaupt keine Perforation gefunden, und daher sind beide nur durch ihre Weite verschiedenen Elemente als Tracheiden zu bezeichnen. Sie sind ansehnlich verdickt (0·003 Mm.), tragen ein zartes, weit gewundenes Spiralband und kleine behöfte Tüpfel in wechselnder, mitunter sehr geringer Menge.

Parenchym kommt nur in vereinzelten Faserzügen vor. Die Breite der Zellen schwankt zwischen 0·01 bis 0·015 Mm.

Die breiten Markstrahlen sind 5—10 Zellen breit, die zwischen ihnen liegenden sind 1—3reihig. Die Zellen sind radial nur wenig gestreckt und meist weitlichtiger am Querschnitte wie die Gefässe.

Myginda angustifolia Nutt. [2] (*Ilex myrsinites* Pursh.).

Die elementare Zusammensetzung dieses Holzes stimmt mit der vorigen sehr nahe überein. Als Unterschiede können angeführt werden die geringere Verdickung sämmtlicher Zellen und die häufig sehr dichte Tüpfelung der Gefässe, welche bei *Ilex Aquifolium* nicht vorzukommen scheint.

Das Holz der Stechpalme ist weiss, fein und ziemlich hart.

---

[1] Bei *Hippocratea viridis* nehmen die Poren gegen die Rinde an Stärke zu (Nördlinger, Querschnitte).

[2] Die Gattung *Myginda* Jacq. wird zu den Celastraceen gezählt. Ich habe sie an diesem Orte angeführt, weil der Bau des Holzes, namentlich der Mangel perforirter Gefässe, sie unmittelbar an *Ilex* reiht.

FRANGULACEAE.

Wenngleich die Gattungen *Zizyphus* und *Rhamnus* in die Trib. *Franguleae* vereinigt werden, so scheint der Bau des Holzes gegen diesen Vorgang zu sprechen, indem gerade *Rhamnus* und *Paliurus* unverkennbar Verwandtschaft verrathen, während *Zizyphus* einen Typus für sich darstellt.

Die ersteren sind charakterisirt durch den Porenring im Frühlingsholze und durch die spiralige Verdickung der engeren Gefässformen. Sie sind aber sofort von einander zu unterscheiden durch die absolute Grösse der Gefässe, welche bei *Paliurus* das Doppelte (0·06 Mm.) beträgt und durch die eigenthümliche Gruppirung derselben bei *Rhamnus*.

Ein gutes Kennzeichen für *Zizyphus* sind die aus weitlichtigen Zellen zusammengesetzten einreihigen Markstrahlen. Die Gefässe sind stark verdickt, isolirt oder radial gereiht, in der Grösse bei den Arten wechselnd.

Parenchymatische Elemente treten bei allen Repräsentanten der Ordnung quantitativ in den Hintergrund.

Paliurus aculeatus Lam.

Ein breiter Porenring trennt die Jahreslagen, sonst ist mit freiem Auge nichts erkennbar. Mit Hilfe der Loupe sieht man zahlreiche feine Markstrahlen und sehr kleine Poren über die ganze Breite des Jahresringes zerstreut.

Die Gefässe im Frühlingsholze erreichen ein Lumen von 0·06 Mm., im Spätholze nimmt ihre Menge etwas ab und ihr Lumen sinkt bis auf jenes der Libriformfasern herab, so dass sie am Querschnitte nur an ihrer geringen Verdickung kenntlich sind. Die Tüpfel sind rundlich behöft (0·006 Mm.), allein an den Kreuzungsstellen mit den Markstrahlzellen befinden sich kleine Poren. Die engeren Gefässe sind überdies spiralig verdickt, nicht perforirt.

Parenchym kommt nur in geringer Menge zerstreut in einzelnen Faserzügen vor.

Die Libriformfasern sind ebenso breit (0·012 Mm.) wie die Parenchymzellen und nur wenig stärker verdickt.

Die Markstrahlen sind 1—2 reihig. Die Zellen sind in den Dimensionen nur wenig verschieden. Bei beträchtlicher radialer Streckung misst ihre Höhe etwa 0·015 Mm.

Die Verwendbarkeit des ziemlich harten, feinen, gelblichen Holzes wird durch die Porenringe einigermassen beeinträchtigt.

Rhamnus Frangula L.

Ausser den Porenringen sieht man schon mit freiem Auge eine hieroglyphenartige Zeichnung. Diese werden durch die Loupe als eigenthümlich verästigte Gruppen von äusserst feinen Poren aufgelöst. Das Grundgewebe erscheint frei von Poren. Die Markstrahlen sind sehr zart, aber scharf gezeichnet.

Die mittlere Weite der Gefässe beträgt 0·03 Mm., nur im Porenringe des Frühlingsholzes kommen auch etwas grössere vor. Über ihre Anordnung ist nichts hinzuzufügen, was nicht schon im Loupenbilde erkennbar wäre. Tüpfelung und spiralige Streifung stimmt mit der vorigen überein, nur ist letztere allgemeiner, weil die Gefässe überhaupt englichtiger sind. Parenchym nur sehr vereinzelt.

Libriformfasern und Markstrahlzellen gleichen denen von *Paliurus*, nur sind sie etwas stärker verdickt.

Rhamnus catharticus L.

Durch die veränderte Gruppirung der Gefässe — diese bilden nämlich radiale Reihen — ist diese Art schon mit Hilfe der Loupe von der vorigen zu unterscheiden. Die mittlere Weite der dünnwandigen Gefässe im Spätholze beträgt 0·04 Mm. Im Übrigen ist in Bau und Anordnung der Elemente kein wesentlicher Unterschied zu verzeichnen.

Das Wegdornholz ist ziemlich hart.

Zizyphus Baclei DC.

Fig. 65.

Durch die im Spätholze etwas verringerte Menge von Poren ist eine undeutliche Ringbildung angedeutet. Sonst erscheint der Querschnitt gleichmässig mit hellen Punkten besetzt. Unter der Loupe sieht man erst die zarten Markstrahlen.

Die Gefässe stehen meist isolirt oder zu Paaren. Im ersten Falle ist ihr Umriss regelmässig elliptisch. Der grosse Durchmesser übersteigt oft 0·15 Mm. Ihre Wand ist stark verdickt und mit kleinen rundlichen Tüpfeln besetzt. Viele enthalten Stopfzellen und eine citronengelbe harzige Masse.

Parenchymzellen sind sehr spärlich in der Umgebung der Gefässe anzutreffen. Sie sind nur wenig breiter und dünnwandiger als die Libriformfasern. Diese sind 0·012 Mm. breit und stark verdickt.

Sehr charakteristisch sind die Markstrahlen. Sie sind so dicht gedrängt, dass der Holzstrahl häufig nur aus 2 oder 3 Reihen Libriformfasern besteht und nur selten über 0·08 Mm. breit ist. Sie sind immer einreihig und die Zellen weitlichtig (0·02 Mm.), meist nur wenig radial gestreckt und ziemlich stark verdickt.

Zizyphus vulgaris Lam.

Anordnung und Bau der Elemente ganz wie bei *Z. Baclei*, nur sind die Gefässe namhaft kleiner, indem ihr Lumen 0·07 Mm. nicht übersteigt.

Zizyphus orthacantha DC.

Als Unterschiede von *Z. Baclei* könnte ich nur anführen, dass die Gefässe häufig in längeren radialen Reihen stehen und von einer etwas grösseren Menge Parenchym umgeben sind.

Z. vulgaris hat sich von Syrien aus über Europa verbreitet. *Z. Baclei* und *Z. orthacantha* stammen vom Senegal. Das Holz der ersteren ist gelb gefärbt, das der beiden letzteren röthlich. Die beträchtliche Härte ist allen gemeinsam.

EUPHORBIACEAE.

Die Ähnlichkeit in Anordnung und Bau der Gefässe von *Hevea* und *Ricinus* ist wohl nicht ausreichend für eine Charakteristik der Ordnung, umso weniger als der ausserordentliche Formenreichthum derselben in den untersuchten Arten kaum nennenswerth vertreten ist und dennoch so wesentliche Verschiedenheiten in der anatomischen Zusammensetzung des Holzes schon an diesen zu constatiren ist.

Ricinus communis Müll.

Zahlreiche Markstrahlen und spärliche, allein oder in kurzen radialen Reihen stehende Poren sind schon dem unbewaffneten Auge kenntlich.

Die Gefässe erreichen die ansehnliche Weite von 0·08 Mm., sind dünnwandig und mit grossen, breiten (0·015 Mm.), schmal behöften Poren besetzt.

Die Parenchymzellen, welche in grosser Menge aber ohne Regel zerstreut vorkommen, sind bis 0·025 Mm. breit, dünnwandig, porös.

Die Libriformfasern sind fast so breit, nur wenig stärker verdickt, von spärlichen, behöften Spalten durchbohrt.

Die Markstrahlen bestehen aus 1—3 Reihen, meist sehr weitlichtiger Zellen.

Das Holz des Wunderbaumes ist weiss, sehr leicht und weich.

Hevea guyanensis Aubl. (*Jatropha elastica* L., *Syphonia elastica* Pers.).

Der Querschnitt ist dicht concentrisch gebändert. Die Poren sind gross, spärlich zerstreut. Die Markstrahlen kenntlich.

Die Gefässe stehen allein oder in kurze radiale Reihen vereinigt. In der Grösse sind sie wenig von einander verschieden, sie messen etwa 0·09 Mm. Die Verdickung ist nicht beträchtlich, die Poren gross (bis 0·015 Mm., selbst darüber), quergestreckt und mit einem schmalen Hofe umgeben.

Das Parenchym ist in regelmässige 5—8 Zellen breite tangentiale Bänder geordnet und steht zu den Gefässen in keiner Beziehung, was daraus ersichtlich ist, dass diese nur dann von Parenchym umgeben sind, wenn sie in den Verlauf der Bänder eingeschaltet sind. Die Zellen stehen in regelmässigen radialen Reihen mit quadratischem Querschnitte. Sie sind dünnwandig, gross, porös, 0·025 Mm. breit, axial gestreckt.

Das Libriform besteht aus wenig verdickten 0·018 Mm. breiten Fasern.

Die Markstrahlen sind 1—5 reihig. Wo sie sich mit den Parenchymbändern kreuzen, sind sie verbreitert, indem die radial beträchtlich gestreckten Zellen hier auch weitlichtig sind.

Das Holz des Kautschukbaumes, „bois de seringue", ist weich, gelbröthlich von Farbe.

Buxus sempervirens L.

Fig. 66.

Der Querschnitt zeigt zahlreiche concentrische Ringe, welche von kaum kenntlichen Markstrahlen gekreuzt werden. Diese treten unter der Loupe deutlicher hervor und die Fläche erscheint dicht punktirt.

Die Gefässe stehen immer isolirt, sind nur 0·025 Mm. weit, wenig verdickt und unregelmässig contourirt. Sie stossen mit stark geneigten, leiterförmig durchbrochenen Querwänden aneinander, die Seitenwände sind sehr klein getüpfelt.

Holzparenchym kommt in isolirten Faserzügen, aber in nicht geringer Menge vor. Die Zellen sind axial gestreckt, 0·012 Mm. breit, dünnwandig und porös. Ich habe auch einzelne conjugirend beobachtet.

Die Libriformfasern sind 0·012 — 0·015 Mm. breit, mit einem Lumen von etwa 0·003 Mm.

Die Markstrahlen sind 1—3reihig. Die Zellen gleichen dem Parenchym, nur die äusseren sind namhaft weitlichtiger.

Das mattgelbe, sehr harte und schwer spaltbare Buxholz kommt aus Klein-Asien und Süd-Europa.

JUGLANDACEAE.

Es ist beachtenswerth, dass diese so gut umschriebene Ordnung durch die Histologie des Holzes in zwei Gruppen getrennt wird.

Pterocarya und *Juglans* zeigen in dieser Beziehung die äusserste Verwandtschaft, so dass ihre Unterscheidung schwierig werden kann. Bei *Juglans* sind die Gefässe dickwandiger, häufiger in Gruppen vereinigt. Die tangentialen Reihen von Parenchym sind regelmässiger und immer schon unter der Loupe kenntlich.

Carya ist von diesen beiden Gattungen in allen Punkten verschieden, wie die specielle Beschreibung lehrt. Es sei hier nur die spiralige Verdickung aller prosenchymatischen Elemente besonders hervorgehoben.

Juglans regia L. [1]

Mit unbewaffnetem Auge unterscheidet man die scharf getrennten Jahresringe, feine Markstrahlen und grosse Poren. Unter der Loupe sieht man, dass die Markstrahlen unregelmässig verlaufen und von äusserst feinen, hellen Linien gekreuzt werden. Die Poren nehmen nach aussen an Zahl, wohl auch an Grösse ab und sind nicht selten zu kurzen radialen Reihen zusammengesetzt.

Einzelne Gefässe erreichen den Durchmesser von 0·15 Mm., die mittere Weite beträgt aber nur 0·1 Mm. Sie sind ziemlich stark verdickt, ihre Contour regelmässig, die Tüpfel gross (0·01 Mm.) quer gestreckt.

Das Parenchym kommt wohl auch in isolirten Faserzügen, meist aber zu tangentialen, nur eine Zelle breiten Reihen geordnet vor, welche geschlängelt und oft unterbrochen sind. Sie sind weniger durch Lumen und Verdickung, welche von jener der Libriformfasern wenig verschieden ist, in die Augen fallend, als durch einen braunen Inhalt.

---

[1] Wiesner, Rohstoffe, p. 613.

Die Libriformfasern haben bei einer Breite von 0·02 Mm. ein Lumen von 0·015 Mm., sind also nur mässig verdickt.

Die Markstrahlen sind 1—4 reihig. Die Zellen sind radial gestreckt, in den Dimensionen aber variabel. Sie führen einen braunen Inhalt.

Pterocarya fraxinifolia Spach.

Die Jahresringe sind deutlich abgegrenzt, die Markstrahlen nur mit Mühe kenntlich. Unter der Loupe treten diese schärfer hervor. Die Poren sind im Frühlingsholze zahlreicher, bilden aber keinen Ring.

Die Gefässe sind meist isolirt, nur ausnahmsweise findet man eine kleine Gruppe. Ihr grösster Durchmesser beträgt 0·12 Mm. und sinkt im Herbstholze auf 0·03 Mm. herab. Sie sind sehr dünnwandig, ihr Umriss daher unregelmässig, sogar buchtig. Die Tüpfel gross (0·006 Mm., selbst darüber), oft polygonal abgeplattet.

Das Parenchym steht zu den Gefässen in keiner Beziehung. Es kommt in einzelnen Faserzügen im Libriform zerstreut oder in einreihigen tangentialen Bändern vor und ist von diesem weder in Breite noch in Verdickung auffallend verschieden, so dass ihre Unterscheidung am Querschnitte schwierig ist.

Die Libriformfasern sind 0·018 Mm. breit, wenig verdickt und von spärlichen Spaltentüpfeln durchbohrt.

Die Markstrahlen bestehen aus 1—3 Reihen mässig verdickter Zellen.

Der Baum stammt aus dem Kaukasus, wird aber im wärmeren Europa cultivirt. Das Holz ist schmutzig weiss, gelblich, ziemlich weich. An Feinheit steht es weit hinter dem Hickoryholze.

Carya alba Nutt. [1]

Fig. 67.

Mit freiem Auge sieht man nur die Jahresgrenzen und feine Markstrahlen. Unter der Loupe treten auch die überaus feinen, oft in langen radialen Reihen stehenden Poren hervor.

Niemals bilden die Gefässe im Frühlingsholze einen Ring, auch sind sie hier nicht nennenswerth weitlichtiger, indem der Durchmesser von 0·06 Mm. als Mittelwerth allgemein angenommen werden kann. Die Jahresgrenze wird durch einige Reihen stark verdickter Breitzellen bezeichnet.

Die Gefässe sind dünnwandig, unregelmässig contourirt und haben ausser zahlreichen kleinen, rundlichen Tüpfeln auch ein weitläufiges zartes Spiralband. Sie endigen fast alle in stumpfe Spitzen und sind nicht perforirt.

Das Parenchym ist am Querschnitte nur selten zu unterscheiden. Es ist aber in nicht geringer Menge vorhanden und begleitet die Libriformfasern in Form einzelner Faserzüge. Die Zellen sind meist weniger breit und etwas dünnwandiger als das Libriform und sehr fein punktirt.

Die Libriformfasern sind 0·015 Mm. breit, lang zugespitzt, ziemlich stark verdickt, behöft getüpfelt und spiralig verdickt. Die Gründe, welche mich veranlassen, diese Elemente nicht als Übergangsformen der Gefässe, als Tracheiden aufzufassen, sind folgende: Sie sind dickwandiger, äusserst spärlich und abweichend getüpfelt. Die Tüpfel der Gefässe bestehen nämlich aus einer rundlich behöften Pore, während bei diesen die als Hof geltende Pore von einer sehr schief gestellten Spalte gekreuzt wird.

Die Markstrahlen sind 1—5reihig. Die Zellen sind relativ stark verdickt, radial gestreckt, die äusseren bedeutend breiter als die Parenchymzellen.

Carya tomentosa Nutt.

Diese Art zeigt vollkommene Übereinstimmung mit der vorigen.

Das aus Nord-Amerika in den Handel gesetzte Hickory-Holz ist weiss, mässig hart, aber sehr fein.

---

[1] Wiesner, Rohstoffe, p. 615.

In dem von den hiesigen Zahnärzten verwendeten „gepressten Hickory“ erkannte ich zwei verschiedene Stammpflanzen; das Holz der einen ist nach dem Typus *Carya*, das andere nach dem Typus *Juglans* gebaut.

ANACARDIACEAE.

Die Histologie des Holzes trennt diese Ordnung in zwei Gruppen, von denen die erste die Gattungen *Pistacia* und *Rhus*, die zweite, minder prägnant charakterisirte, *Spondias*, *Anacardium*, *Holigarna* umfasst. Von diesen sind wieder *Spondias* und *Anacardium* durch Anordnung und Bau der Gefässe näher verwandt.

Pistacia und *Rhus* sind ausgezeichnet durch den Porenring im Frühlingsholze, welcher bei der letzteren breiter und in dünnwandiges Gewebe eingebettet ist. Die in einer späteren Vegetationsperiode gebildeten Gefässe tragen eine doppelte, gegenläufige Spirale.

Parenchymatische Elemente sind bei allen Repräsentanten der Ordnung ein untergeordneter Bestandtheil des Holzes; sie fehlen gänzlich bei *Pistacia*.

Es muss noch eine Analogie zwischen *Spondias* und *Anacardium* hervorgehoben werden, nämlich die „gallertartige“ Verdickung der Libriformfasern.

Spondias Birrea A. Rich.

Auf dem Querschnitte lässt sich auch mit der Loupe nicht mehr unterscheiden, als feine Markstrahlen und regellos zerstreute Poren, allein oder in kurzen radialen Reihen stehend. Die Gefässe sind weit (—0·1 Mm.), wenig verdickt und mit grossen rundlichen oder unregelmässig eckigen Tüpfeln besetzt.

Die Menge der parenchymatischen Elemente ist verschwindend klein.

Die Libriformfasern sind 0·02 Mm. breit, mässig verdickt, aber mit einer sich leicht abhebenden tertiären Verdickungsschichte ausgekleidet. Unter Wasser betrachtet, sind sie von kleinen Poren durchbohrt. Durch die Maceration erweitern sich diese zu langen, mit den Seitenwänden parallel verlaufenden Spalten.

Die Markstrahlen bestehen aus 1—4 Reihen weitlichtigen, radial gestreckten Zellen mit rothbraunem Inhalt.

Eine in Senegambien heimische Art des Pflaumenbaumes mit hell gefärbtem, ziemlich hartem und feinem Holze.

Anacardium occidentale L.

Der Querschnitt, welcher nur undeutlichen Ringbau zeigt, ist von scharfrandigen Poren durchbohrt. Unter der Loupe erst unterscheidet man die sehr zahlreichen feinen Markstrahlen, und dass neben den isolirten auch radiale Gruppen von Poren vorkommen.

Die Gefässe messen nicht selten 0·2 Mm. in ihrem grössten Querdurchmesser. Sie sind dünnwandig und von grossen (0·015 Mm., selbst darüber), quergestreckten oder unregelmässig gestalteten Poren durchbohrt, welche von einem schmalen Hofe umgeben sind.

Das Vorkommen von Parenchymzellen ist auf einzelne Faserzüge unter dem Libriform beschränkt. Dieses besteht aus Fasern mit abgerundet rechteckigem, meist tangential gestrecktem Querschnitt. Ihre Breite ist beträchtlich, erreicht 0·025 Mm., und das Lumen wird durch eine mächtig entwickelte tertiäre Auflagerung sehr reducirt. Sie sind von behöften Spalten durchbohrt.

Die Markstrahlen bestehen immer nur aus einer Reihe weitlichtiger, radial kaum gestreckter, in den übrigen Dimensionen wechselnder Zellen. Sie führen einen braunen Inhalt.

Das Acajouholz, weisses Mahagoni, stammt aus dem tropischen Amerika. Es ist hart, aber nicht besonders schwer und hellfarbig. Aus alten Stämmen fliesst spontan (Rosenthal) oder nach Einschnitten (Duchesne) ein Gummi, Gomme d'Acajou, welches oft an Stelle des arabischen verwendet wird.

Holigarna longifolia Roxb. (*Mangifera racemosa* Lam.).

Dem unbewaffneten Auge erscheint der Querschnitt hell punktirt. Mit Hilfe der Loupe erkennt man die feinen, etwas geschlängelten Markstrahlen. Die Poren sind nur selten zu Paaren vereinigt.

Die Gefässe haben meist einen regelmässigen elliptischen Querschnitt. Der grösste Durchmesser übersteigt wohl nicht 0·12 Mm. Die Verdickung ist nicht unbeträchtlich, die Tüpfelung aussergewöhnlich klein und dicht, so dass die Seitenwände chagrinirt aussehen.

Parenchymatische Elemente sind sparsam hie und da an ein Gefäss angelagert.

Der Querschnitt der Libriformfasern ist rund, ihre Breite schwankt zwischen 0·012 — 0·018 Mm.; die Länge ist gleichfalls sehr verschieden. Ihre Verdickung ist beträchtlich, das Lumen misst 0·006—0·009 Mm. und ist oft von einem braunrothen Inhalt erfüllt, welcher auch in allen übrigen Elementen angetroffen wird. Die Wand ist mit kleinen behöften Spaltentüpfeln besetzt.

Die Markstrahlen sind fast durchwegs einreihig, nur ausnahmsweise zweireihig. Die Zellen sind bedeutend radial gestreckt, fast alle gleich hoch (0·015 Mm.).

Das Holz des ostindischen Mangobaumes ist braunroth, ausserordentlich hart und schwer.

Rhus typhina L.

Der Querschnitt ist deutlich geringelt durch abwechselnd hellere gelbe oder schmutziggrüne und dunkle glänzende Zonen. Markstrahlen werden nur mit Hilfe der Loupe erkannt. Die hellen concentrischen Ringe entsprechen dem Frühlingsholze, sie sind überaus reich porös. In den dunklen Partien sind die Poren weitaus spärlicher und kleiner.

Die Gefässe im Frühlingsholze stehen isolirt oder in Paaren. Ihre mittlere Weite beträgt 0·075 Mm. Da sie nur wenig verdickt sind, ist ihr Contour meist unregelmässig verzogen. Die Tüpfel sind gross quer-elliptisch, spiralige Verdickung ist in einigen angedeutet. Stopfzellen sind gewöhnlich.

Die Gefässe des Sommer- und Herbstholzes sind beträchtlich kleiner, letztere bis zu 0·012 Mm. und stehen in kleinen Gruppen. Sie tragen immer ein einfaches oder doppeltes Spiralband und stehen mit einander durch ovale Löcher in Verbindung, nur die engsten Fasern sind nicht perforirt.

Das Parenchym scheint eine viel grössere Verbreitung zu haben, als durch eine eingehende Untersuchung bestätigt wird. Die Gefässe des Frühlingsholzes sind nämlich von sehr dünnwandigem Libriform umgeben, und im Herbstholze bilden die englichtigen Gefässe oft tangentiale Reihen. Beide Vorkommnisse können am Querschnitte für Parenchym gehalten werden. In der That kommt aber dieses nur in vereinzelten Faserzügen vor.

Die Libriformfasern sind im Allgemeinen kurz, höchstens 0·015 Mm. breit, wenig verdickt und von äusserst feinen Spalten durchbohrt.

Die Markstrahlen sind ein- oder zweireihig, häufig aus ihrer Richtung durch Gefässe abgelenkt.

Der Essigbaum stammt ursprünglich aus Nord-Amerika, ist aber jetzt in Europa verwildert. Die Blätter und jungen Zweige kommen als Gerbmaterial (namentlich in Spanien zu Saffian- und Corduanleder) in den Handel.

Rhus Cotinus L. [1]

Die Unterschiede von der vorigen Art, Grösse der Elemente, Verdickung, scheinen mir nicht so constant, dass man sich auf dieselben zur Unterscheidung der Arten stützen könnte. Nur vermisste ich hier die bei *Rh. typhina* fast immer angetroffene tangentiale Reihe weitlichtiger Zellen unmittelbar vor den dickwandigen Herbstzellen.

Der Perückenbaum wächst im Süden von Europa. Das glänzende Kernholz des Stammes kommt als „junger Fustik", „ungarisches Gelbholz", „Fiset" in den Handel. Es gibt eine dauerhafte orangegelbe Farbe, welche namentlich zum Färben des Leders verwendet wird.

[1] A. Vogl, Lotos, 1873, März. — Wiesner, Rohstoffe, p. 566.

Pistacia Terebinthus L.

Mit unbewaffnetem Auge ist nur eine undeutliche concentrische Schichtung und feine Strahlung erkennbar. Unter der Loupe sieht man einen weitläufigen Porenring im Frühlingsholze und zerstreute helle Pünktchen.

Die Gefässe im Frühlingsholze sind etwa 0·07 Mm. weit. Ihr Umriss ist kreisrund oder querelliptisch oder unregelmässig. Sie stehen immer isolirt. Im Spätholze sind die Gefässe beträchtlich kleiner bis herab zu 0·009 Mm. und in kleine Gruppen vereinigt. Die Wand ist wenig verdickt, gross getüpfelt und doppelt spiralig gestreift. Nur den Frühlingsgefässen fehlt zum Theile die spiralige Verdickung. Alle, auch die spitz endigenden, faserähnlichen Formen stehen durch offene Löcher in Verbindung.

Parenchymatische Elemente habe ich nicht finden können.

Das Libriform besteht aus häufig kurzen, sehr schmalen (0·006 Mm.), stark verdickten Fasern.

Die Markstrahlen sind 1—2reihig. Häufig sind sie beträchtlich erweitert durch einen in ihrer Mitte gelegenen Harzraum.

Die Terpentin-Pistazie wächst im Gebiete des Mittelmeeres. Das Holz ist hell gefärbt, hart, fein. Durch Einschnitte in den Stamm gewinnt man den Terpentin von Chio, *Terebinthina cypria*.

Pistacia vera L.

Dem unbewaffneten Auge erscheint der Querschnitt fast homogen. Nur mit Mühe erkennt man Markstrahlen. Unter der Loupe treten diese deutlich hervor. Poren von verschiedener Grösse stehen isolirt, in Gruppen oder radialen Reihen; sie treten zu keinem Ringe zusammen, es ist daher die Jahresgrenze nicht deutlich erkennbar.

Durch das Loupenbild sind die Unterschiede von der vorigen Art erschöpft, wenn man noch hinzufügt, dass die maximale Gefässweite 0·045 Mm. nicht übersteigt. Durch die mikroskopische Untersuchung kann nämlich eine nennenswerthe Verschiedenheit im Baue der Elemente nicht constatirt werden.

Die echte Pistazie oder Pimpernuss stammt aus Syrien, theilt aber jetzt die Verbreitung mit der vorigen. Das Holz ist sehr fein, hart und hat einen schönen Flader in Weiss, Gelb und Rosenroth.

Astronium fraxinifolium Schott.

Man unterscheidet am Querschnitte die feinen Markstrahlen und grosse, meist ausgefüllte Poren in regelloser Anordnung.

Die Gefässe stehen isolirt, selten in kurzen radialen Reihen. Ihre grösste Weite beträgt 0·12 Mm., die Verdickung ist mässig, die Tüpfel klein, rund. Die letzteren sind nur selten erkennbar, weil fast alle Gefässwände zugleich mit den sie erfüllenden Stopfzellen in der Verharzung begriffen sind.

Parenchym ist nur vereinzelt anzutreffen.

Die Libriformfasern bei einer Breite von 0·015 Mm. sind ausgezeichnet durch eine Verdickungsschichte und sind gefächert.

Die Markstrahlen sind 1—4reihig. Alle Membranen sind honiggelb bis rothbraun infiltrirt.

Der Baum heisst in Brasilien „Gonçalo alvez“ oder „Gurabu preto“, „Gateado“, „Bois de chat“. Das Holz ist feurig rothbraun, dunkel gestreift, hart und schwer.

BURSERACEAE.

Elaphrium sp.

Die Poren erscheinen dem unbewaffneten Auge wie feine Nadelstiche. Unter der Loupe erkennt man in ungleichen Abständen die zarten Markstrahlen. Die Poren sind gleichmässig und regellos zerstreut, isolirt oder in kurzen radialen Reihen.

Die Weite der Gefässe erreicht 0·08 Mm. Sie sind dünnwandig und sehr gross (0·01 Mm.) getüpfelt. Die eine Querspalte umsäumenden Tüpfelhöfe sind polyedrisch abgeplattet.

Parenchym ist in sehr geringer Menge vorhanden und am Querschnitte kaum zu entdecken. Isolirt man die Elemente, so findet man Fasern mit sehr grossen Poren, welche meist aus zwei Parenchymzellen zusammengesetzt sind. Sehr selten kommen conjugirende Zellen vor.

In der Breite und Verdickung unterscheiden sich die Libriformfasern sehr wenig von ihnen. Sie sind 0·025 Mm., selten darunter, breit und dünnwandig. Häufig endigen sie in eine stumpfe Spitze, sind auch wohl gabelig getheilt. Ihre Tüpfel sind behöft, und da sie auch gefächert vorkommen, so könnte man leicht, namentlich an tangentialen Schnitten, eine der Wirklichkeit nicht entsprechende Menge von Parenchym annehmen.

Die Markstrahlen sind 1—3reihig, erscheinen aber immer sehr schmal wegen der radial gestreckten, dem Libriform gegenüber sehr englichtigen Zellen.

SIMARUBACEAE.

Die Gattungen *Quassia* und *Simaruba* unterscheidet man sicher durch die Breite der Markstrahlen. Anordnung und Bau der Elemente zeigen denselben Typus, wenngleich die beträchtlichere Grösse und Verdickung der Gefässe, die regelmässigere Anordnung des Parenchyms für *Simaruba* constant zu sein scheint.

Um so auffallender ist der gänzlich abweichende Bau des Holzes von *Ailantus*. Die Menge des Parenchyms ist verschwindend klein, die Gefässe bilden einen Ring im Frühlingsholze; die Gefässe im Spätholze bilden Gruppen und sind spiralig verdickt — Charaktere, die vollkommen übereinstimmend in einer Gruppe der Anacardiaceen beschrieben worden sind.

Da die systematische Stellung der Gattung *Ailantus* strittig ist (man stellt sie zu den Xanthoxyleen, vereinigt sie mit den Anacardiaceen zu der Ordnung *Terebinthaceae*), scheint es mir aller Beachtung werth, dass die Histologie des Holzes sie unmittelbar an *Pistacia* und *Rhus* anreiht.

Ailantus glandulosa Desf.

Am Querschnitte fallen zunächst die scharf und gerade gezogenen Markstrahlen und ein deutlicher Ringbau ins Auge. Mit Hilfe der Loupe unterscheidet man einen weitläufigen Porenring im Frühlingsholze. Im Spätholze finden sich nur spärliche helle Punkte, die mitunter durch zarte Querlinien mit einander verbunden sind. Zwischen den breiten Markstrahlen treten zahlreichere feinere auf.

Die Gefässe sind oft von einer hellgelben, homogenen Masse erfüllt. Sie sind bis zu 0·12 Mm. weit, mässig verdickt und mit kleinen, runden Tüpfeln besetzt. Die Gefässe im Spätholze sind beträchtlich kleiner (0·02 Mm.) und stehen in Gruppen. Ihre Tüpfelung ist dieselbe, aber sie tragen überdies eine doppelte spiralige Verdickung.

Parenchymatische Elemente finden sich nur in sehr geringer Menge in der Umgebung der Gefässe.

Das Libriform besteht aus 0·012 Mm. breiten stark verdickten Fasern.

Die breiten, geraden Markstrahlen sind 5—8reihig. Die feinen Markstrahlen sind oft durch die Gefässe abgelenkt.

Der Baum wächst in China und auf den Molukken wild, wird aber häufig in Anlagen gebaut. Das gelbliche Holz ist ziemlich hart.

Quassia amara L.[1]

Fig. 69.

Mit freiem Auge unterscheidet man nur mit Mühe die Markstrahlen. Unter der Loupe erscheinen sie geschlängelt. Die Poren stehen isolirt oder in kleinen Gruppen regellos zerstreut.

Die in Gruppen vereinigten Gefässe haben sehr verschiedene Grösse und unregelmässige, eckige Contouren. Die isolirten sind rundlich, meist 0·07 Mm. weit. Sie sind nur wenig verdickt, sehr klein und dicht getüpfelt, chagrinirt.

[1] Vogl, Commentar, p. 289. — Vogl, Verhandl. d. zool.-bot. Ges. in Wien, 1864.

Die parenchymatischen Elemente umgeben die Gefässe und bilden ausserdem tangentiale Bänder von geringer Mächtigkeit und nicht sehr regelmässigem Verlaufe. Die Zellen sind 0·015 Mm., selten darüber breit, mässig verdickt und reich porös. Dadurch sind sie am besten auf Querschnitten von den Libriformfasern zu unterscheiden, welche nur wenig schmäler und dickwandiger sind. Die Verdickung ist aber bei diesen durch Spalten unterbrochen, welche in einer doppelten, gegenläufigen Spirale angeordnet sind.

Die Markstrahlen sind immer einreihig und bestehen aus weitlichtigen, wenig radial gestreckten Zellen, welche einen citronengelben Inhalt führen.

Die aus Surinam stammende, in Westindien und Brasilien cultivirte „Quina de Cayenne" ist officinell.

Simaruba excelsa DC.[1]

Der Querschnitt zeigt deutlichen Ringbau. Die feinen concentrischen Linien werden nach aussen immer dichter. Überdies ist der Querschnitt hell punktirt und von feinen Markstrahlen durchzogen. Unter der Loupe erkennt man die zahlreichen Gefässe deutlicher. Sie sind oft durch zarte, helle, tangentiale Linien mit einander verbunden. Die Markstrahlen sind fast geradlinig.

Die durchschnittliche Weite der Gefässe ist grösser als bei der vorigen. Man findet oft einen Durchmesser von 0·1 Mm. Sie sind stärker verdickt und eben so fein und dicht getüpfelt, meist mit sehr feinen verbindenden Spalten.

Die Parenchymzellen sind in ihren Querschnittsdimensionen kaum von dem Libriform verschieden, wesshalb ihre Anordnung unter der Loupe deutlicher erkannt wird, als bei starker Vergrösserung.

Den Libriformfasern fehlt die Spaltenbildung.

Die Markstrahlen sind oft dreireihig. Die Zellen sind meist beträchtlich radial gestreckt.

Das Jamaika-Bitterholz ist wie das Surinam'sche hellgelb, weich und leicht. Auch in der Wirksamkeit scheinen beide nicht sehr verschieden zu sein.

ZANTHOXYLACEAE.

Zanthoxylum sp.

Zarte Kreislinien, bald sehr genähert, bald in grösseren Abständen, verleihen dem Querschnitte ein geschichtetes Aussehen. Die Markstrahlen und Poren sind sehr fein, mit freiem Auge nur schwer zu unterscheiden.

Die Gefässe stehen isolirt oder in kurzen radialen Reihen. Die Lumina sind 0·015—0·06 Mm. weit, regelmässig elliptisch. Die stark verdickten Membranen sehen wegen der ungemein dichten und kleinen Tüpfelung wie chagrinirt aus.

Spärliche Parenchymzellen sind den Gefässen angelagert ohne sie allseitig zu umgeben. Sie haben die Form von Krystallkammerfasern, sowie die eine oder zwei Zellen breiten tangentialen Reihen, welche das Libriform in verschieden breite Schichten trennen.

Die Libriformfasern sind nur 0·01 Mm. breit und sehr stark verdickt.

Die Markstrahlen bestehen aus einer oder zwei Reihen radial bedeutend gestreckter Zellen.

Das gelbe Holz ist sehr hart und homogen.

DIOSMACEAE.

Esenbeckia sp.

Der Querschnitt zeigt äusserst feine Markstrahlen und concentrische Kreislinien, welche, wie die Loupe lehrt, verschieden breit sind und in ungleichen Abständen verlaufen. Die Poren erscheinen als helle, zerstreute Pünktchen, die Markstrahlen sind geschlängelt.

---

[1] Vogl, Commentar, p. 289. — Vogl, Verhandl. d. zool.-bot. Ges. in Wien, 1864.

Die Gefässe sind meist isolirt und kreisrund, mit einem Durchmesser von 0·015—0·03 Mm. Sie sind stark verdickt und sehr dicht mit kleinen (0·003 Mm.) elliptischen Tüpfeln besetzt.

Die Parenchymzellen sind so breit wie die kleinen Gefässe, aber dünnwandiger. Ihre Vertheilung ergibt sich zum Theile schon aus dem Loupenbilde. Die einreihigen tangentialen Bänder sind oft unterbrochen und überdies kommen einzelne Faserzüge mitten im Libriform vor. Die Zellen sind reich porös, meist bedeutend axial gestreckt, aber auch quadratisch, und in diesem Falle bilden sie Krystallkammerfasern.

Die Libriformfasern sind fast bis zum Verschwinden des Lumens verdickt.

Die Markstrahlen sind 1- oder 2reihig. Die radiale Streckung der Zellen ist nicht beträchtlich.

Das Holz ist hell wachsgelb, ausserordentlich hart und schwer.

Galipea sp.

Man erkennt mit freiem Auge die zarten Markstrahlen und concentrische Kreislinien in grossen Abständen. Poren sind nicht zahlreich und unregelmässig zerstreut.

Die Gefässe stehen zumeist allein, selten zu Paaren. In der Grösse sind sie nicht sehr verschieden, der mittlere Durchmesser beträgt 0·07 Mm. Da sie nur mässig verdickt sind, ist auch ihr Umriss weniger regelmässig. Die Tüpfelung ist klein und dicht wie bei der vorigen. Die meisten Gefässe enthalten hellgelbes Harz.

Die tangentialen Parenchymbänder sind immer mehrere Zellen breit und verlaufen regelmässig in ungleichen, jedoch meist grossen Abständen.

Über den Bau der Zellen, sowie der Libriformfasern ist nichts Ungewöhnliches zu bemerken. Letztere sind wohl stark, aber doch weniger verdickt als bei *Esenbeckia.*

Die Markstrahlen sind 1—4reihig. Die Zellen gleichen den Parenchymzellen, nur sind die äusseren bedeutend weitlichtiger.

Ein hellgelbes, sehr hartes und schweres Holz.

ZYGOPHYLLACEAE.

Das Holz der zwei untersuchten *Guajacum*-Arten ist durch das ausserordentlich stark verdickte Libriform ausgezeichnet. In der Gruppirung der Gefässe gleichen sich beide; aber in einigen Punkten zeigen sich erhebliche Unterschiede im Baue. Bei *Guajacum officinale* sind die Gefässtüpfel punktförmig, kaum behöft. Das Parenchym kommt in ansehnlicher Menge vor und trennt das Libriform in tangentiale Schichten. Die Libriformfasern sind reichlich von Spaltentüpfeln durchbohrt. Die Gefässtüpfel von *G. arboreum* sind deutlich behöft. Parenchym kommt nur in der Umgebung der Gefässe in grösserer Menge vor, sonst bildet es vereinzelte Faserzüge, welche nur in grossen Zwischenräumen der Tendenz zur tangentialen Anordnung folgen können. Die Libriformfasern sind ungewöhnlich dünn und äusserst spärlich getüpfelt. Sie beleuchten wohl die anatomische Stellung der Fasern von *G. officinale,* deren Tüpfelung jener der Gefässe sehr ähnlich ist und Veranlassung geben könnte, sie für Tracheiden zu halten.

Guajacum officinale L. [1]

Die concentrische Zonenbildung, welche im Splinte kaum angedeutet ist, tritt im Kernholze deutlich auf. Unter der Loupe sieht man zahlreiche, mit grünem oder schwarzem Inhalte erfüllte Poren. Die Markstrahlen sind sehr fein und zahlreich.

Die Gefässe stehen immer isolirt. Ihr Querschnitt ist regelmässig kreisrund oder elliptisch, von 0·03—0·1 Mm. weit. Die Verdickung ist beträchtlich, die Tüpfelung sehr dicht und fein, der Tüpfelhof ist nicht mit Sicherheit zu unterscheiden. Die jüngsten Gefässe führen keinen Inhalt. Schon an der Grenze des Kernholzes sind sie mit einem grünen, später dunkelbraunen Inhalt erfüllt.

---

[1] Vogl, Commentar, p. 290. — Wiesner, Rohstoffe, p. 568.

Die parenchymatischen Elemente kommen sowohl vereinzelt als zu tangentialen, einreihigen Bändern vereinigt vor, die aber häufig unterbrochen und vielfach gekrümmt sind. Die Zellen sind 0·015 Mm. breit, wenig verdickt, porös. Sie führen oft Krystalle.

Die Libriformfasern sind bis 0·012 Mm. breit und sehr stark verdickt. Am Längsschnitte erscheinen sie ebenso getüpfelt wie die Gefässe, macerirt unterscheiden sie sich aber dadurch, dass die kleinen Poren von sehr schiefen Spalten gekreuzt werden.

Die Markstrahlen sind immer einreihig. Ihre Zellen gleichen den Parenchym.

Das von West-Indien in den Handel gesetzte Kernholz des Guajakbaumes (Pockholz, Franzosenholz, *lignum sanctum*) ist schwarz, mit grünem oder blauem Schimmer. Es ist ausserordentlich hart und dicht (1·393 Th. Hartig), schwerspaltig, aber gut drehbar. Erwärmt riecht es angenehm nach Gujakharz, wovon es etwa 25% enthält.

Guajacum arboreum DC. (*Zygophyllum arboreum* Jacq.).

Der Querschnitt erscheint dem unbewaffneten Auge punktirt. Unter der Loupe treten äusserst zarte Markstrahlen hervor. Punkte und verschieden gestaltete Fleckchen sind regellos zerstreut. In Abständen von mehreren Millimetern verlaufen feine concentrische Kreislinien.

Die Gefässe stehen isolirt, sind aber meist in Gruppen einander genähert. Sie sind bis 0·045 Mm. weit, stark verdickt und mit kleinen, rundlich behöften Tüpfeln dicht besetzt.

Das Parenchym tritt sehr in den Hintergrund. Einige grobporöse Zellen und kurze Fasern, oft conjugirend, umgeben die Gefässe. Vereinzelte Krystallkammerfasern sind im Libriform zerstreut und nur in grossen Zwischenräumen findet man eine tangential gereihte Parenchymzone.

Das Libriform ist am Querschnitte rundlich, sehr stark verdickt, nur 0·008 Mm. breit, bastfaserähnlich durch die spärliche Tüpfelung.

Die Markstrahlen bestehen aus 1—2 Reihen englichtiger Zellen.

COMBRETACEAE.

Combretum glutinosum Perr.

Der Querschnitt erscheint punktirt. Unter der Loupe unterscheidet man die Markstrahlen. Die Poren sind von einem schmalen, hellen Hofe umgeben, mitunter durch helle Binden seitlich mit einander verbunden.

Die Gefässe stehen fast ausnahmlos isolirt und regellos zerstreut. Ihr Querschnitt ist elliptisch (0·12 Mm.), die Membran mässig verdickt, mit ziemlich grossen (0·005 Mm.) Tüpfeln dicht besetzt. Das die Gefässe einhüllende und seitlich in grösseren Massen angehäufte Parenchym besteht aus relativ derbwandigen, grobporösen Zellen, welche einen braunen Inhalt, oft auch Krystalldrusen führen.

Die Libriformfasern sind weniger breit (0·012—0·015 Mm.) als das Parenchym und sehr stark verdickt.

Die 1 oder 2reihigen Markstrahlen stehen sehr dicht. Die Zellen gleichen vollkommen dem Parenchym.

Ein Baum Senegambiens mit grünlichgelb gefärbtem Holze von ungewöhnlicher Härte und Dichte.

Terminalia monaptera Roth.

Das Holz hat ausgesprochenen Ringbau durch schmale, dunkler gefärbte, von Gefässen freie concentrische Zonen. Die Poren und die sie verbindenden, welligen oder zickzackförmigen hellen Linien sind schon mit unbewaffnetem Auge sichtbar. Die Markstrahlen sind kenntlich.

Die Gefässe stehen isolirt, seltener in radialen Gruppen. Im ersten Falle ist ihr Querschnitt breit, elliptisch und der grösste Durchmesser erreicht 0·25 Mm. Die Verdickung ist mässig, die Tüpfel sind ziemlich gross (0·005 Mm.), zahlreich.

Das Parenchym umgibt die Gefässe und stellt zwischen ihnen seitliche Verbindungen von verschiedener Mächtigkeit her. Da die Gefässe regellos zerstreut sind, ist auch der Verlauf der tangentialen Bänder unregel-

mässig, winkelig, oft unterbrochen. In geringer Menge kommt auch Parenchym unabhängig von den Gefässen, im Libriform zerstreut vor. Die Zellen sind sehr dünnwandig, weitlichtig (0·03 Mm.), grob porös.

Die Libriformfasern sind im Mittel nur 0·01 Mm. breit, scharf zugespitzt, hier und da verästigt und in einander verflochten.

Die Markstrahlen bestehen aus 1—4 Reihen sehr weitlichtiger Zellen.

Ein Baum Ost-Indiens, dessen hartes Holz vielfach verwendet wird.

RHIZOPHORACEAE.

Rhizophora Mangle L.

Zarte, sehr genäherte Markstrahlen und regellos zerstreute kleine Poren sind am Querschnitte mit freiem Auge erkennbar. Die Loupe gewährt keinen tieferen Einblick in den Bau.

Die Gefässe stehen meist allein, selten zu kleinen Gruppen vereinigt. Ihr Querschnitt ist rundlich, im Mittel 0·045 Mm. weit. Sie sind derbwandig, mit breit elliptischen Tüpfeln. Die Querwände stehen sehr schief und sind leiterförmig durchbrochen. Einige wenige, grob poröse Parenchymzellen umgeben die Gefässe.

Die Libriformfasern sind allmälig in eine feine Spitze ausgezogen. Der Querschnitt ist rundlich, 0·02 Mm. breit und sehr stark, oft bis auf einen engen Canal verdickt, von welchem aus feine Poren bis an die Peripherie verlaufen.

Die Markstrahlen bestehen aus 1—3 Reihen verschieden gestalteter Zellen, welche oft grosse Einzelkrystalle in einem Zellhautsacke eingeschlossen enthalten.

Die Heimat des Manglebaumes ist das Gebiet des mexicanischen Golfes. Das hell zimmtbraune Holz ist sehr hart und homogen.

PHILADELPHACEAE.

Philadelphus grandiflorus Willd.

Die Jahresgrenzen sind angedeutet. Die Markstrahlen sind als zarte, helle, etwas geschlängelte Linien kenntlich. Poren erscheinen erst unter der Loupe und sind im Frühlingsholze um Weniges grösser und zahlreicher.

Die Gefässe sind unregelmässig contourirt; meist alleinstehend, hier und da einander berührend, bilden sie im Frühlingsholze einen undeutlichen, häufig unterbrochenen Porenring. Ihr Lumen ist sehr verschieden, höchstens 0·05 Mm. weit. Trotz der geringen Verdickung sind die Tüpfel klein, rundlich (0·003 Mm.) oder quer gestreckt. Die Querwände stehen sehr schief und sind leiterförmig durchbrochen.

Die Parenchymzellen sind dickwandig und am Querschnitte nur selten erkennbar. Die Libriformfasern sind 0·015 Mm. weit, ziemlich stark verdickt und behöft getüpfelt. Sanio[1] fasst sie als Tracheiden auf: $hp + (t + G)$. Sie sind aber dickwandiger und spärlicher getüpfelt als die Gefässe; auch sind die Tüpfel anders gestaltet.

Die Markstrahlen bestehen aus 1—4 Reihen sehr weitlichtiger Zellen.

Diese Art stammt aus Nord-Amerika. Das Holz ist hellgelb, fein und nicht sehr hart.

LYTHRACEAE.

Von De Candolle wird *Abatia* zu den Tiliaceen gezählt. Eine Vergleichung der Histologie des Holzes spricht sich entschieden gegen diesen Vorgang aus, während anderseits durch die tangentiale Anordnung des Parenchyms eine Verwandtschaft mit *Physocalymma* wohl angedeutet wird. Diese Übereinstimmung wird zum grossen Theile wieder verwischt durch die isolirten Parenchymfasern bei *Abatia* und mehr noch durch Unterschiede im feineren Bau der übrigen Elemente.

---

[1] Bot. Ztg. 1863, p. 402.

Physocalymna florida Pohl.

Fig. 68.

Durch abwechselnd heller und dunkler gefärbte Schichten ist das Holz concentrisch gebändert. Mit freiem Auge sind nur spärliche Poren zu unterscheiden. Mit der Loupe sieht man ausser diesen noch zahlreiche kleine Poren und die äusserst feinen Markstrahlen.

Die Gefässe stehen allein, in Paaren oder in kleinen Gruppen, vollkommen regellos zerstreut. Ihre Grösse schwankt zwischen weiten Grenzen, von 0·03—0·15 Mm. Die Verdickung ist ansehnlich, die Tüpfel gross (0·006 Mm.), querelliptisch, aber häufig nicht erkennbar, weil die Membranen vollständig verharzt sind. An macerirten Gefässen erscheinen, wohl in Folge der Quellung, die Poren länglich, parallel mit der Längenachse.

Das Parenchym kommt in geringer Zahl, an die Gefässe angelagert und in einreihigen, tangentialen Bändern vor. Die Zellen haben zweierlei Formen. Sie sind weit (0·02 Mm.), sehr dünnwandig, grob porös und sind mit einem braunrothen Inhalte erfüllt. Oder es sind kurze, fast quadratische (0·015 Mm.) Zellen, die einen grossen, von Zellhaut fest umschlossenen Krystall enthalten. Beide Formen setzen Fasern zusammen.

Der Querschnitt der Libriformfasern ist rundlich, 0·012 Mm. im Mittel breit. Die Verdickung ist ungleich, meist beträchtlich und von Spalten durchbohrt. Auch sie enthalten oft eine rothbraune Masse.

Die Markstrahlen sind 1 oder 2reihig, durch die Gefässe mitunter abgelenkt.

Das Holz (Rose wood) stammt aus Brasilien. Es ist schön in braunen und rothen Tinten gezeichnet, sehr hart und schwer.

Abatia parviflora R. & P. (*Abatia verbascifolia* H. B. & K.).

Mit freiem Auge erkennt man am Querschnitte die zarten Markstrahlen und spärliche, zerstreute Poren. Betrachtet man einen feinen Durchschnitt unter der Loupe, so sieht man, dass die Poren meist isolirt, hier und da auch zu Paaren oder Dreien vereinigt sind. Das Grundgewebe erscheint sehr zart gewellt durch einreihige, tangential verlaufende Parenchymbänder.

Die Gefässe bieten keine bedeutenden Grössendifferenzen; sie sind im Mittel 0·1 Mm. weit. Ihre dünne Membran ist mit kleinen (0·004 Mm.), querelliptischen Tüpfeln besetzt, die Querwand lochförmig durchbohrt.

Das Parenchym, aus axial gestreckten, 0·015 Mm. weiten, dünnwandigen, porösen Elementen bestehend, bildet tangentiale Reihen von meist nur einer Zellenreihe. Sie verlaufen in ziemlich gleichen Abständen, so zwar, dass zwischen je zwei Parenchymreihen etwa drei Reihen Libriform liegen. Es kommen auch vereinzelt Parenchymfasern vor.

Die Libriformfasern sind dickwandiger, aber nur um Weniges schmäler als die Parenchymzellen.

Die Markstrahlen sind 1—3reihig. Die Zellen sind stärker verdickt als das Parenchym, weitlichtig am Querschnitte und meist 0·025 Mm. hoch.

Stammt aus Peru. Das Holz ist unscheinbar grau gefärbt, hart.

MELASTOMACEAE.

Macairea sp.

Schon mit unbewaffnetem Auge ist eine zarte, concentrische Schichtung und wie Nadelstiche zerstreute Poren sichtbar. Unter der Loupe erst werden die Markstrahlen kenntlich.

Die Gefässe stehen isolirt oder in radialen Reihen. Ihr Querdurchmesser ist sehr verschieden und schwankt zwischen 0·03—0·15 Mm. Die Verdickung ist gering, die Tüpfelung oft so dicht, dass die (0·006 Mm.) grossen Höfe zu Polygonen abgeplattet werden.

Das Parenchym kommt in 4—5 Zellen breiten Schichten zwischen dem Libriform vor, ist aber von diesem am Querschnitte wenig verschieden, da Breite und Verdickung nahezu gleich sind. Unter ihnen sind Kammerfasern mit grossen Krystalldrusen.

Die Libriformfasern sind kurz (0·5 Mm. im Mittel), 0·025 Mm. breit, sehr schwach verdickt und gefächert. Sie sind mit rechteckigem Querschnitte radial gereiht.

Die Markstrahlen sind 1—3reihig. Da ihre Zellen weitlichtig und radial nur wenig gestreckt sind, so heben sie sich minder deutlich vom Grundgewebe ab.

MYRTACEAE.

Wenn *Punica* und *Eucalyptus* ausgeschlossen werden (die beiden Arten der ersteren werden in der That von De Candolle als selbständige Ordnung, *Granateae* abgehandelt), dann zeigen alle untersuchten Gattungen eine auffallende Uebereinstimmung im Baue des Holzes.

Die Gefässe stehen immer isolirt, regellos zerstreut; nur bei den Arten aus gemässigten Himmelsstrichen drücken sie den Vegetationswechsel durch reichlichere und vollkommenere Entwicklung im Frühlinge aus. Es sind alle Übergänge bis zu den faserförmigen Tracheiden zu beobachten.

Die Anordnung des Parenchyms ist überall dieselbe, wenngleich nicht immer in gleichem Grade auffallend. Die Faserzüge lehnen sich an die Gefässe an und durchsetzen in einreihigen, winkeligen, oft unterbrochenen Zügen quer den Holzstrahl. Es muss hervorgehoben werden, dass nicht alle Gefässe, noch diese allseitig von Parenchym umgeben sind.

Von den stark verdickten, von spärlichen Spalten durchsetzten Libriformfasern ist nichts zu bemerken.

Inwiefern *Punica* und *Eucalyptus* sich von diesem Typus entfernen, möge in der speciellen Beschreibung nachgesehen werden. Hier sei nur erwähnt, dass bei beiden die Gefässe zur radialen Anordnung tendiren, das Parenchym ist bei *Eucalyptus* um die Gefässe gruppirt, fehlt bei *Punica.*

Punica Granatum L. [1]

Der Querschnitt ist zart, concentrisch geschichtet. Die überaus feinen und zahlreichen Markstrahlen sind nur mit Hilfe der Loupe erkennbar. Die Poren stehen isolirt oder in kurzen radialen Reihen.

Die Gefässe sind bis 0·045 Mm. weit, derbwandig und klein getüpfelt.

Parenchymatische Elemente sind nicht vorhanden.

Das Libriform besteht aus glatten, 0·015 Mm. breiten Fasern, wovon 0·006 Mm. auf die Verdickung entfällt. Sie sind zum Theile gefächert und von der gallertartigen Verdickungsschichte Sanio's ausgekleidet.

Psidium pyriferum L.

Dem unbewaffneten Auge erscheint das Holz bis auf eine verschwommene concentrische Schichtung des Querschnittes vollkommen homogen. Unter der Loupe erkennt man sehr feine und dicht gereihte Markstrahlen und zerstreute Poren.

Die Gefässe mit rundlichem oder unregelmässigem Umriss stehen meist isolirt, selten in kurzen radialen Reihen. Sonst stimmt das Holz in Bau und Anordnung aller Elemente vollkommen mit *Eugenia* überein.

Es hat auch dieselbe Heimat und wird, wie dieses, wegen der Früchte in Ost-Indien cultivirt. Das schöne, braune Holz ist sehr fein und hart.

Myrtus communis L.

Der Querschnitt ist deutlich gebändert. Erst mit Hilfe der Loupe sieht man die Poren und nur an feinen Durchschnitten die Markstrahlen.

---

[1] Vergl. Vogl, Pharmacognostische Studien über die Granatbaumrinde. Zeitschr. d. k. k. Gesellsch. der Ärzte zu Wien, 1866.

Am Anfange des Jahresringes sind die Gefässe weiter (0·03 Mm.) und setzen undeutlich einen Ring zusammen. Später werden sie so enge, dass sie vom Parenchym nicht zu unterscheiden sind. Sie sind sehr dünnwandig und ziemlich gross getüpfelt.

Das Parenchym kommt zerstreut und kurze tangentiale Reihen bildend, vor. Das Grundgewebe besteht aus stark verdickten, behöft getüpfelten, meist 0·015 Mm. breiten Fasern, welche von Sanio als Tracheiden bezeichnet werden.

Die Markstrahlen sind 1 oder 2reihig, die Zellen sehr weitlichtig.

Das Myrtenholz ist schön braun gefärbt, sehr hart und fein.

Eugenia Pimenta DC. (*Pimenta officinalis* Bg., *Myrtus Pimenta* L.).

Der Ringbau und äusserst feine Markstrahlen sind mit unbewaffnetem Auge nur mit Mühe zu unterscheiden. Mit Hilfe der Loupe sieht man, dass die Zahl der Gefässe im äusseren Theile des Jahresringes beträchtlich abnimmt, in einzelnen Jahren bildet sich sogar ein deutlicher Porenring. Die Markstrahlen scheinen spärlich zu sein.

Der Durchmesser der Gefässe erreicht im Frühlingsholze 0·045 Mm. und sinkt im Herbstholze auf ein Drittel. Der Contour ist regelmässig rundlich und fast ohne Ausnahme stehen sie isolirt. Die Verdickung ist gering, die Tüpfelung sehr klein.

Das Parenchym kommt in zerstreuten oder auf kurze Strecken zu tangentialen Reihen vereinigten Faserzügen vor. Sie sind am Querschnitte sehr augenfällig durch ihre geringe Verdickung und das dadurch bedingte weite Lumen.

Die Libriformfasern sind nur wenig schmäler (0·012 Mm. im Mittel) aber namhaft verdickt.

Ausser den wenigen 2 Zellen breiten kommen auch zahlreiche einreihige Markstrahlen vor. Die Zellen sind weitlichtig, radial nur wenig gestreckt.

Der Pimentbaum stammt aus West-Indien. Das Holz ist chocoladebraun, sehr fein und ziemlich hart.

Jambosa australis DC. (*Eugenia australis* Wendl., *Myrtus australis* Sp.).

Mit freiem Auge ist nur eine äusserst feine gekreuzte Strichelung wahrnehmbar. Unter der Loupe erkennt man die meist in langen radialen Reihen stehenden Poren. Die Markstrahlen sind zart und werden von unregelmässigen, tangentialen, hellen Partien geschnitten.

Die Umrisse der Gefässe sind unregelmässig, ihr Durchmesser wenig verschieden, im Mittel 0·05 Mm. Die Verdickung ist gering, die Tüpfel querelliptisch, 0·006 Mm. weit, sehr gleichmässig dicht vertheilt.

Das Parenchym kommt zerstreut oder zu undeutlichen tangentialen Bändern vereinigt vor. Die Zellen sind etwas breiter und beträchtlich weitlichtiger als die Libriformfasern. Diese sind 0·015 Mm. breit, mässig verdickt und radial gereiht.

Die Markstrahlen sind 1- oder 2reihig.

Eine neuholländische Art mit unscheinbar graubraun gefärbtem, mässig hartem, sehr feinem Holze.

Fabricia laevigata Gaertn.

Das Holz hat deutlichen Ringbau. Sonst ist mit freiem Auge nichts erkennbar. Unter der Loupe treten zerstreute Poren hervor, die am Anfange des Jahresringes etwas grösser und zahlreicher sind. Die Markstrahlen sind auch da nur schwer sichtbar.

Die Gefässe stehen immer isolirt, wenngleich oft, namentlich im Frühlingsholze, sehr genähert. Ihr Lumen ist sehr verschieden weit, übersteigt aber selten 0·06 Mm. Die Verdickung ist gering, die Tüpfelung klein. Die engsten Gefässe sind faserförmig, durch die Tüpfel vom Libriform verschieden.

Parenchym kommt nur in geringer Menge vor in der Umgebung der Gefässe und unregelmässige tangentiale Reihen bildend. Die Zellen sind 0·015 Mm. weit, dünnwandig, grob porös.

Die Libriformfasern sind 0·012 Mm. breit und ansehnlich verdickt.

Die zahlreichen Markstrahlen sind 1- oder 2reihig, geschlängelt. Die Zellen sind radial nur wenig gestreckt, immer mit rothbraunem Inhalt erfüllt.

Eine neuholländische Art mit braunem, hartem und sehr feinem Holze, wie

Leptospermum flavescens Sm.

Das Holz ist dem vorigen sehr ähnlich. Die Gefässe haben dieselbe Anordnung, sind aber dünnwandiger, ihr Umriss daher häufig verzogen und die Tüpfel grösser (0·006 Mm). Ein schon mit der Loupe erkennbarer Unterschied liegt darin, dass zwischen spärlichen (3 Zellen) breiten Markstrahlen zahlreiche einreihige eingeschaltet sind.

Callistemon lanceolatum DC.

Fig. 70.

Auch hier ist ein Ringbau angedeutet, wie die Loupe lehrt, durch die im Frühlingsholze zahlreicheren Poren. Die Markstrahlen sind überaus zart.

Alle Gefässe stehen allein, sind bis 0·045 Mm. weit, dünnwandig und regelmässig getüpfelt (0·004 Mm.). Viele enthalten eine rothbraune, harzige Masse, welche auch die Parenchymzellen erfüllt, wodurch ihre Anordnung viel deutlicher hervortritt. Sie ist dieselbe wie bei den vorigen. Einige den Gefässen angelagerte Faserzüge und einreihige, quere Schichten, gleichsam Abzweigungen der Markstrahlen.

Die Libriformfasern sind im Mittel 0·015 Mm. breit und stark verdickt, farblos.

Die Markstrahlen sind 1- oder 2reihig. Die Zellen sind weitlichtig und haben nur eine geringe, radiale Streckung.

Wächst gleichfalls in Neu-Holland und liefert ein den vorigen sehr ähnliches Holz.

Melaleuca minor Sm. (*Melaleuca Cujuputi* Roxb.).

Dem unbewaffneten Auge erscheint der Querschnitt vollkommen homogen. Unter der Loupe treten die zerstreuten Poren und feinen Markstrahlen hervor.

Die Gefässe stehen immer isolirt. Der Querschnitt ist oft unregelmässig von 0·012—0·045 Mm. weit. Die Verdickung ist gering, die Tüpfelung relativ klein.

Parenchym findet sich den Gefässen angelagert, aber die tangentiale Anordnung desselben ist nur an wenigen Stellen deutlich entwickelt. Die Zellen sind 0·015 Mm. breit, grobporig. Die Libriformfasern sind nicht so breit (0·012 Mm.) und stärker verdickt. Sie unterscheiden sich von den engsten Gefässen (Tracheiden) ausser durch spärliche und abweichende Tüpfelung auch dadurch, dass sie allmälig zugespitzt sind, während letztere stumpf endigen.

Die Markstrahlen sind ein- oder zweireihig. Die Zellen sind weitlichtig, wenig gestreckt und mit rothbraunem Inhalt erfüllt.

Melaleuca Leucadendron L.

Melaleuca diosmifolia Andr. (*Melaleuca chlorantha* Bonpl.).

Unbedeutende und wohl nicht constante Unterschiede in der Grösse der Elemente wären allein als Kennzeichen dieser Arten von der vorigen anzuführen.

Die Cajeputbäume (die beiden ersten aus Ost-Indien, die letztere aus Neu-Holland stammend) haben ein braunes, hartes und feines Holz.

Eucalyptus sp.

Der Querschnitt ist concentrisch geschichtet und mit hellen Punkten bestreut. Unter der Loupe erkennt man deutlich die im Frühlingsholze zahlreicheren und grösseren Poren und zarte geschlängelte Markstrahlen.

Die Gefässe stehen nicht selten in kurzen radialen Reihen oder Gruppen. Wenn sie isolirt sind, haben sie einen kreisrunden Querschnitt von höchstens 0·06 Mm. Weite. Sie enthalten oft citronengelbes Harz. Die Verdickung ist mässig, die Tüpfelung verhältnissmässig gross (0·006 Mm.), querelliptisch.

Grobporöse, weitlichtige Parenchymzellen kommen nur in der Umgebung der Gefässe vor.

Das Libriform ist radial gereiht. Die Fasern sind 0·015 Mm. breit, wenig verdickt. Jene der Markscheide fand ich stärker verdickt und überdies von einer tertiären, „gallertartigen" Schichte ausgekleidet.

Die Markstrahlen sind einreihig. Die Zellen enthalten fast immer grosse Einzelkrystalle.

Das Holz der in Australien einheimischen, jetzt aber in ausgedehntem Masse cultivirten *Eucalyptus*-Arten wird als hart beschrieben. Der anatomische Bau und das mir vorliegende Muster widerspricht dem.

POMACEAE.

Pyrus intermedia Ehrh.

Die Jahreslagen sind am Querschnitte kenntlich. Die Markstrahlen sind sehr fein. Unter der Loupe sieht man ausserordentlich kleine, im Frühlingsholze etwas grössere Poren.

Alle Gefässe stehen isolirt, regellos zerstreut. Sie sind dünnwandig, etwas unregelmässig contourirt und nicht über 0·025 Mm. weit, aber oft nicht breiter, nur dünnwandiger als das Libriform. Ihre Enden sind zugespitzt, die Seitenwände klein (0·003—0·005 Mm.) getüpfelt und meist fein spiralig verdickt. Parenchym findet sich vereinzelt unter dem Libriform.

Die Libriformfasern sind durchschnittlich 0·012 Mm. breit, stark verdickt und von behöften Spaltentüpfeln durchbohrt. Tracheiden, Parenchym und Libriform haben dieselbe Breite, die ersteren sind aber am Querschnitte durch ihr weiteres Lumen (dünnere Membran) sofort kenntlich.

Die Markstrahlen sind 1—3reihig. Die Zellen sind weitlichtig, stark verdickt und radial beträchtlich gestreckt.

Histologisch vollkommen mit diesem übereinstimmend sind auch die Hölzer von

Pyrus prunifolia W.

Amelanchier Botryapium DC. (*Mespilus canadensis* L.).

Crataegus orientalis Bosc. (*Mespilus orientalis* Poir.).

Das Holz der Pomaceen ist hart und fein, schlecht spaltbar und ausgezeichnet schneidbar.

ROSACEAE.

Das Holz von *Rosa* und *Cliffortia* zeigt keine Übereinstimmung, weder im Baue noch in der Anordnung der Elemente. Von den letzteren sind besonders die das Grundgewebe des Rosenholzes bildenden Fasern von Interesse. Sie sind in eine lange und feine Spitze verjüngt und beträchtlich verdickt — Charaktere des Libriform. Mit den Gefässen haben sie die behöften Tüpfel und die feine spiralige Verdickung gemeinsam. Da aber diese beiden Charactere auch dem Libriform zukommen und gerade bei *Rosa* die Gefässe durch Dünnwandigkeit ausgezeichnet sind, so scheint es mir gerechtfertigt, dieses Kennzeichen von sonst relativem Werth hier zur Entscheidung in dem Sinne zu benützen, dass man das Grundgewebe nicht als Tracheiden, sondern als Libriform anspricht.

Rosa canina L.

Die Jahresgrenzen sind durch helle Kreislinien angedeutet. Die Markstrahlen sind breit und verlaufen in grossen Abständen. Zwischen ihnen erkennt man mit Hilfe der Loupe zahlreiche, äusserst zarte Markstrahlen. Die Gefässe stehen im Frühlingsholze sehr dicht und bilden einen Ring. Im Spätholze sind sie spärlicher zerstreut und bedeutend kleiner.

Der Durchmesser der Gefässe im Frühlingsholze erreicht 0·12 Mm. und sinkt bis 0·02 Mm. Die letztere Dimension kommt fast allen Gefässen des Herbstholzes zu. Sie stehen fast ohne Ausnahme isolirt, sind dünnwandig, oft unregelmässig contourirt. Die Tüpfel sind gross (0·006 Mm.) und die spiralige Verdickung fehlt nur den weiten Formen.

Enge und grobporige Parenchymzellen kommen nur in vereinzelten Faserzügen vor. Sie sind auf Querschnitten leicht zu übersehen.

Das Grundgewebe besteht aus sehr stark verdickten, 0·012 Mm. breiten Fasern. Sie tragen eine äusserst zarte Spirale und behöfte Tüpfel, wie die Gefässe, von denen sie im Wesentlichen nur durch die weitaus beträchtlichere Dicke der Wand verschieden sind.

Es kommen 4—6 Zellen breite und zahlreiche einreihige Markstrahlen vor.

Cliffortia ilicifolia L.

Fig. 71.

Der Querschnitt zeigt nur undeutlichen Ringbau. Er erscheint dem unbewaffneten Auge fast homogen. Unter der Loupe treten zahlreiche, feine, geschlängelte Markstrahlen hervor. Poren in geringer Zahl sind regellos zerstreut.

Die Gefässe stehen meist isolirt, hie und da auch zu kurzen radialen Reihen vereinigt. Sie sind oft regelmässig kreisrund, nicht über 0·045 Mm. weit. Die Verdickung ist mässig, die Tüpfel dicht und gross (0·006 Mm.) querelliptisch. Die Querwände sind wenig geneigt, entweder vollständig resorbirt, oder seltener leiterförmig durchbrochen. Parenchym kommt in unbeträchtlicher Menge in Form breiter (0·025 Mm.), dünnwandiger Zellenfasern vor.

Das Libriform ist radial gereiht. Die Fasern sind bis 0·018 Mm. breit, wenig verdickt und von ungewöhnlich kleinen und vielen Spalten durchbohrt.

Die Markstrahlen sind ein- oder zweireihig. Die Zellen haben verschiedene Dimensionen. Die inneren sind in radialer Richtung lang und schmal, die äusseren kurz und hoch, dem Quadrate sich nähernd.

Wächst am Cap. Das Holz ist weiss, sehr fein, aber nur mässig hart.

AMYGDALACEAE.

Es sind fast nur Unterschiede in den Dimensionen und zum geringen Theile in der Anordnung der Gefässe, welche es ermöglichen, die untersuchten Arten histologisch von einander zu trennen.

Die Gefässe sind dünnwandig, daher unregelmässig contourirt, im Frühlingsholze zahlreicher und wesentlich grösser (ausgenommen *Cerasus persicifolia* Loisel.). Das Lumen der Gefässe wird allmälig kleiner (nur bei *Amygdalus nana* L. ist der Porenring scharf abgesetzt), die Zahl der Tracheiden überwiegt im Herbstholze. Sie sind durch die zarte spiralige Verdickung und durch ihre dünnen Membranen mit Sicherheit von den gleichfalls behöft getüpfelten, aber stark verdickten Libriformfasern zu unterscheiden[1]. Bei *Cerasus persicifolia* treten die Tracheiden in den Hintergrund.

Parenchym kommt nur in vereinzelten Faserzügen vor. Die Zellen sind weitlichtiger und um geringes breiter als das Libriform.

Ein gutes Kennzeichen für diese Ordnung geben die Markstrahlen ab. Ausser den mit freiem Auge kenntlichen, meist 4 Zellen breiten Strahlen, kommen auch einreihige vor. Die Zwischenbreiten fehlen fast gänzlich. Die Zellen sind weitlichtig, am Querschnitte breiter als die Elemente des Grundgewebes.

Amygdalus nana L.

Die breiten Jahresringe sind deutlich abgegrenzt. Die Markstrahlen sind kenntlich und sehr dicht gereiht. Mit Hilfe der Loupe sieht man einen Porenring im Frühlingsholze. Der weitaus grössere Theil des Jahresringes ist mit kleineren Poren besäet.

Die Gefässe stehen isolirt oder in unregelmässigen Gruppen. Jene des Frühlingsholzes erreichen die Weite von 0·1 Mm., im Herbstholze sind sie nur 0·02 Mm. breit. Die Verdickung ist gering, die Tüpfel sind

[1] Vergl. Sanio, Bot. Ztg. 1863, p. 404.

gross (0·006 Mm.) querelliptisch und dazu kommt häufig eine zarte Spirale. Sie stehen durch ovale Löcher untereinander in Verbindung.

Parenchym findet sich nur ganz vereinzelt.

Das Libriform besteht aus etwa 0·01 Mm. breiten, stark verdickten Fasern, welche von spärlichen behöften Tüpfeln durchbohrt sind.

Die Markstrahlen sind bis vier Reihen breit. Die Zellen sind am Querschnitte weitlichtig und meist ansehnlich radial gestreckt.

Persica vulgaris Mill. (*Amygdalus Persica* L.).

Jahresgrenzen sind nicht deutlich, Markstrahlen dagegen gut kenntlich. Unter der Loupe sieht man noch zahlreiche feinere Markstrahlen. Die Poren im Frühlingsholze sind nicht viel grösser als die später gebildeten und bilden keinen deutlichen Ring.

Die Gefässe im Frühlingsholze sind etwa 0·06 Mm. weit und nehmen allmälig nach aussen an Grösse ab. Anordnung und Bau stimmt mit *Amygdalus* überein. Dasselbe gilt von den übrigen Elementen. Zweierlei Markstrahlen sind hier augenfälliger, weil zwischen den breiten, meist vierreihigen Strahlen fast nur einreihige eingeschaltet sind.

Prunus spinosa L.

Die Loupenansicht gleicht vollkommen einem verkleinerten Bilde des vorigen.

Die Gefässe im Frühlingsholze sind nur 0·03 Mm. weit und werden allmälig gegen die Herbstgrenze zu kleiner. Desshalb und weil die Gefässe fast immer isolirt stehen, ist ein Porenring nicht entwickelt. Tüpfelung und spiralige Verdickung gleicht den vorigen. Die letztere ist besonders deutlich in den engen Gefässen (Tracheiden) des Herbstholzes.

Auch das Parenchym, Libriform und die Markstrahlen gleichen denen von *Persica*.

Cerasus persicifolia Loisel. (*Prunus persicifolia* Desf.).

Der Ringbau und zarte Markstrahlen sind mit unbewaffnetem Auge kenntlich. Mit Hilfe der Loupe unterscheidet man noch feinere Markstrahlen. Die Poren stehen im Frühlingsholze viel dichter, sind aber nicht wesentlich grösser als im Herbstholze.

Die Gefässe stehen isolirt oder in langen radialen Reihen oder zu Gruppen vereinigt. Ihr mittlerer Durchmesser beträgt 0·045 Mm. Sie sind besonders dünnwandig und tragen eine zarte weitläufige Spirale. Die Tüpfel sind gross (0·006 Mm.), die Höfe berühren einander und flachen sich zu Polygonen ab, in denen eine quere Spalte liegt.

Die faserartige Gefässmodification (Tracheiden) findet sich hier in weit geringerer Menge.

Das spärliche Parenchym, die behöft getüpfelten Libriformfasern, die Anordung der Markstrahlen sind nicht verschieden von den vorigen Arten.

CHRYSOBALANACEAE.

Parinarium excelsum Sabin.

Markstrahlen und sehr kleine Poren sind mit freiem Auge kenntlich. Die letzteren erscheinen unter der Loupe meist zu langen radialen Reihen geordnet. Die Gefässe sind meist 0·06 — 0·08 Mm. weit, nur in geringer Zahl findet man solche, die unter dieses Mass sinken oder es übersteigen. Die Verdickung ist gering, die Tüpfel dessenungeachtet klein, in einigen Gefässen sehr dicht gedrängt.

Parenchym kommt nur ganz vereinzelt, den Gefässen angelagert vor.

Die Libriformfasern sind 0·018 Mm. breit, ziemlich stark verdickt, gefächert.

Die Markstrahlen sind 1—4reihig. Die Zellen sind radial gestreckt, meist nur 0·015 Mm. hoch und enthalten oft grosse Einzelkrystalle.

Die Heimat dieses Baumes ist Sierra Leone. (Rough-Skinned oder Gray plums.) Das Holz ist hart und dicht.

PAPILIONACEAE.

Keines der vorhandenen Systeme ist in Einklang zu bringen mit der anatomischen Zusammensetzung des Holzes. Wird diese allein berücksichtigt, so gruppiren sich die untersuchten Gattungen in folgender Weise:

A. Das Holzparenchym umgibt die Gefässe, bildet aber keine tangentialen Schichten.

1. *Amorpha.*

B. Das die Gefässe umlagernde Parenchym vereinigt sich mit dem der benachbarten Gefässe und bildet unregelmässige, quergelagerte Schichten.

a. Ein Porenring im Frühlingsholze, Tracheiden im Herbstholze:

2. *Cytisus.*
3. *Robinia.*
4. *Sophora.*

b. Gefässe gleichmässig zerstreut.

5. *Diplotropis.*

C. Das Holzparenchym bildet regelmässige tangentiale Bänder.

6. *Erythrina.*
7. *Fereira.*
8. *Pterocarpus.*

Cytisus sp.

Der Querschnitt ist durch abwechelnd helle und dunkelbraune Schichten in concentrische Ringe getheilt. Die Jahresgrenze ist durch einen breiten Porenring im Frühlingsholze markirt. Die Markstrahlen sind sehr deutlich. Unter der Loupe erscheint das Spätholz gefeldert durch zarte, helle Linien, welche in verschiedener Richtung verlaufen, die Markstrahlen und sich selbst kreuzen und an vielen Stellen rhombische Maschen bilden.

Die Gefässe verrathen deutlich tangentiale Anordnung. Im Frühlingsholze sind sie 0·08 Mm. weit. Die unmittelbar folgenden sind schon bedeutend kleiner (0·045 Mm.) und das Lumen sinkt bis 0·015 Mm. Sie sind wenig verdickt und mit 0·006 Mm. grossen Tüpfeln besetzt. Die engen Gefässe und kurzen Tracheiden sind doppelt-spiralig verdickt.

Das Parenchym umgibt die Gefässe und bildet vereint mit diesen tangentiale Schichten, welche mit Libriformschichten abwechseln und dem Querschnitte ein gefeldertes Aussehen verleihen. Die Zellen sind im Mittel 0·012 Mm. weit, dünnwandig, porös.

Die Libriformfasern sind ebenso breit, aber stark verdickt. Am Querschnitte erscheinen sie meist enger, weil der mittlere, breite Theil sich rasch nach beiden Seiten hin verjüngt. In den Fasern des Frühlingsholzes findet sich die gallertartige Verdickung Sanio's.

Die Markstrahlen sind bis 8 Zellen breit. Wo sie von Parenchymschichten geschnitten werden, sind die Zellen weitlichtiger.

Amorpha fruticosa L.

Die Jahresgrenzen sind scharf ausgeprägt, die Markstrahlen kenntlich. Unter der Loupe erkennt man einen Ring isolirter Poren im Frühlingsholze. Das Grundgewebe wird gegen die Herbstgrenze allmälig dunkler. In demselben sind spärliche kleine Poren zerstreut.

Die Gefässe sind meist regelmässig kreisrund und stehen fast immer isolirt. Im Frühlingsholze erreichen sie den Durchmesser von 0·075 Mm., die kleinsten im Herbstholze messen nur 0·015 Mm. Sie sind ziemlich stark verdickt und dicht mit kleinen Tüpfeln besetzt.

Parenchym kommt in ansehnlicher Menge, den Gefässen angelagert, vor. Auf Querschnitten werden sie leicht übersehen, da sie relativ stark, kaum merklich geringer verdickt sind als das Libriform und ebenso breit sind wie dieses (0·015 Mm.).

Die Markstrahlen bestehen nur aus einer Reihe radial beträchtlich gestreckter Zellen.

Ein Strauch Nord-Amerikas mit hellgelbem, hartem und sehr feinem Holze.

Amorpha glabra Desf.

Ist anatomisch von der vorigen durchaus nicht verschieden.

Robinia hispida L.

Die Jahreslagen sind durch einen weitläufigen Ring grosser Poren im Frühlingsholze scharf getrennt. Die Poren sind nach aussen kleiner und spärlicher. Die Markstrahlen sind kenntlich.

Die Gefässe stehen im Frühlingsholze bisweilen isolirt, häufiger in Gruppen oder radialen Reihen. Sie erreichen einen Durchmesser von 0·15 Mm. Im Herbstholze werden sie bedeutend enger, bis 0·012 Mm., und stehen immer in kleineren oder grösseren Gruppen vereinigt. Ihre Wand ist nur wenig verdickt, die Tüpfel sehr gross (0·01 Mm.) und zahlreich, sich gegenseitig abflachend. Die engen Tracheiden des Herbstholzes haben etwas kleinere Tüpfelhöfe und sind spiralig verdickt. Thyllenbildung ist sehr häufig.

Das Holzparenchym ist an die Gefässe gebunden. Seine Menge steht im umgekehrten Verhältniss zu jener der Gefässe — daher findet es sich reichlicher im Herbstholze. Es umgibt die Gefässe in grosser Menge und verbindet die Gruppen seitlich in Form breiter tangentialer Schichten. Die Zellen sind nur 0·012 Mm. breit, dünnwandig und porös.

Die Libriformfasern sind nur wenig schmaler, stark verdickt, in eine feine Spitze ausgezogen, nicht selten verzweigt.

Die Markstrahlen sind 1—4reihig. Die Dimensionen der Zellen sind sehr verschieden. Einmal sind sie radial bedeutend gestreckt und enge, das andere Mal kurz und weitlichtig.

Die Robinien stammen aus Nord-Amerika. Die Farbe des Kernholzes ist braun, des Splintes gelblich.

Robinia Pseudacacia L.,

Robinia dubia Fouc.

Es gelingt nicht, sichere und constante Merkmale zur Unterscheidung der Robinienhölzer aufzufinden.

Erythrina senegalensis DC.

Der Querschnitt bietet ein sehr zierliches, gewebeartiges Aussehen, indem die feinen Markstrahlen von ebenso zarten, dicht stehenden Linien gekreuzt werden. Poren sind sparsam zerstreut.

Die Gefässe stehen isolirt oder zu Paaren in grossen Abständen. Ihr Querdurchmesser ist von dem Mittel von 0·2 Mm. wenig verschieden. Die Verdickung ist gering, die Tüpfel gross.

Sie sind in die mit grosser Regelmässigkeit verlaufenden tangentialen Parenchymbänder gebettet; da sie aber breiter sind als diese, so ragen sie in die Libriformschichte vor, welche dadurch eine Unterbrechung erleidet, indem die Gefässe allseitig von Parenchym umgeben sind.

Die Parenchymzellen haben colossale Dimensionen. Eine Breite von 0·03 Mm. ist gewöhnlich, die axiale Streckung ist verschieden. Sie sind dünnwandig und reichlich von Poren durchsetzt.

Die mit den Parenchymschichten abwechselnden Bänder von Libriform sind etwa nur halb so breit (0·07 Mm.) als jene. Die Fasern haben am Querschnitte verschiedenes Aussehen, je nachdem die Enden oder der centrale Theil durchschnitten wurde. Dieser ist 0·025 Mm. breit und das Lumen misst 0·012 Mm., bei jenen ist das Lumen sehr verengt.

Die Markstrahlen sind meist 5—8reihig. Die Zellen haben ziemlich constante Dimensionen. Bei beträchtlicher radialer Streckung ist $h = 0{\cdot}02$, $t = 0{\cdot}012$ Mm.

Erythrina velutina Willd.

hat denselben Bau.

Das leichte, schwammige Holz wird gerade dieser Eigenschaften wegen vielfach verwendet.

Pterocarpus santalinus L. fil. [1]

Der Ringbau ist am Querschnitte ziemlich deutlich erkennbar. Die Poren sind durch zarte, geschlängelte Querlinien mit einander verbunden, die hie und da mit einander anastomosiren. Die zahlreichen, sehr scharf gezeichneten Markstrahlen sind nur unter der Loupe sichtbar.

Die Gefässe stehen meist isolirt, selten in kleinen Gruppen. Sie sind immer sehr weit, bis 0·3 Mm., ziemlich stark verdickt und mit grossen, quergestreckten Tüpfeln besetzt.

Die tangentialen Parenchymbänder, in deren Verlauf die Gefässe eingeschaltet sind, haben verschiedene Breite; gewöhnlich 3—4 Zellen, ich zählte auch deren 10 in radialer Richtung. Die Zellen sind 0·02 Mm. breit, mässig verdickt, grob porös.

Die Libriformfasern sind 0·012 Mm. breit, stark verdickt, unregelmässig gestaltet. Die einen verjüngen sich allmälig in eine lange feine Spitze, andere sind verbogen, plötzlich verschmälert oder gabelig getheilt, knorrig.

Die Markstrahlen bestehen aus 1, höchstens 2 Reihen weitlichtiger Zellen. Alle Zellwände sind intensiv roth gefärbt. In den Parenchym- und Markstrahlzellen finden sich ausserdem feurig rothe Klümpchen und Körnchen. Über den im Wasser unlöslichen, in Alcohol und Alcalien löslichen Farbstoff vergl. Wiesner (l. c.), Die mikrochemischen Reactionen, Vogl (l. c.).

Andere Arten (*P. angolensis* DC., *P. santalinoides* L'Herit., *P. indicus* W., *P. Draco* L.) sind der beschriebenen sehr ähnlich. Man findet wohl Unterschiede in der Grösse und Verdickung der Elemente, in der Breite, in dem mehr oder weniger gewellten Verlauf der Parenchymbänder, aber es ist wahrscheinlich, dass diese Merkmale innerhalb derselben Art nicht constant sind.

Das Sandelholz (Caliaturholz) ist hart und spröde.

Sophora japonica L.

Ein breiter Porenring trennt die Jahresringe. Auch die Poren des Spätholzes sind als helle Pünktchen mit freiem Auge sichtbar. Die Markstrahlen sind kenntlich.

Die Gefässe stehen isolirt oder in kleinen Gruppen. Im Frühlingsholze werden sie 0·12 Mm. weit, im Herbstholze um das Zehnfache enger. Sie sind mässig verdickt, die Tüpfel querelliptisch, breit (0·006 Mm.). Die Tracheiden sind nicht spiralig verdickt.

Die Vertheilung des Holzparenchyms ist jener bei *Robinia* ähnlich. Es sind umfangreiche Complexe um die Gefässe und im Herbstholze verbindet es diese durch geschlossene tangentiale Schichten. Die Zellen haben das Lumen der engsten Gefässe (0·012 Mm.).

Die Libriformfasern sind beträchtlich verdickt, schmal und lang zugespitzt.

Die Markstrahlen sind bis zu 6 Zellenreihen breit.

Das Holz, im Splint gelblich, im Kern hellbraun, ist sehr hart.

Diplotropis sp.

Von dunkelbraunem, fast schwarzem Grunde heben sich die zerstreuten, hellgeränderten Poren deutlich ab. Die Markstrahlen sind äusserst fein.

Die Gefässe sind zu kleinen Gruppen vereinigt, welche meist zwei weite (0·15 Mm.) und mehrere enge Gefässe umfassen. Sie sind ziemlich stark verdickt und klein getüpfelt.

Das Parenchym kommt nur in der Umgebung der Gefässe vor. Es besteht aus sehr weiten (0·03 Mm)., dünnwandigen, porösen Zellen.

---

[1] Vogl, Lotos 1873, März. — Wiesner, Rohstoffe, p. 560.

Die Libriformfasern sind sehr lang und fein zugespitzt. Bei einer Breite von 0·025 Mm. entfällt auf das Lumen 0·01 Mm.

Die Markstrahlen bestehen aus 1—3 Reihen grobporösen Zellen. Die inneren sind radial bedeutend gestreckt, 0·02 Mm. weit, die äusseren werden allmälig höher als breit.

Das Holz ist dunkelbraun, ungemein hart und spröde.

Fereira spectabilis Allemao.[1]

Der Querschnitt hat eine zierliche Zeichnung. Die Gefässporen sind isolirt und von einem hellen Hofe umgeben. Meist sind die Gefässe seitlich durch helle Linien verbunden, wodurch sehr genäherte, zarte concentrische Kreise entstehen, an denen die Poren wie Perlen gereiht stehen. Die Markstrahlen werden erst unter der Loupe deutlich sichtbar.

Nur ausnahmsweise stehen die Gefässe in kurzen radialen Reihen. Sie sind meist isolirt, elliptisch mit dem grössten Durchmesser von 0·15 Mm., selbst darüber. Sie sind wenig verdickt und gross getüpfelt.

Das sie umgebende Parenchym erreicht colossale Dimensionen. Ich habe Lumina von 0·05 Mm. gemessen; dabei sind sie dünnwandig, grob porös.

Bei den 0·025 Mm. breiten Libriformfasern misst das Lumen 0·01 Mm.

Die Markstrahlen sind 1—3reihig.

CAESALPINIACEAE.

Eine Trennung der Caesalpiniaceen von den Papilionaceen ist auf Grundlage der Anatomie des Holzes nicht durchführbar.

Der beiden Ordnungen gemeinsame Charakter, die Umlagerung der Gefässe von Parenchym und die tangentiale Anordnung des letzteren ist zwar vielfach modificirt., findet sich aber so allgemein, dass die Ausnahmen angeführt werden müssen. Es sind: *Amorpha* (Papil.), *Gymnocladus*, *Parkinsonia* und *Caesalpinia echinata*, bei denen das die Gefässe umlagernde Parenchym keine Tendenz zur tangentialen Anordnung verräth. Diese Tendenz äusserst sich durch seitliche Verbreitung und gelegentliches Verschmelzen der Parenchymgruppen bei *Tamarindus* und *Brownea*.

An diese schliessen sich jene Arten an, bei denen ausser den die Gefässe umlagernden Parenchymgruppen auch, wie es scheint, unabhängig von diesen schmale, concentrische Parenchymschichten vorkommen: *Hymenaea*, *Afzelia*, *Eperua* und *Caesalpinia Sappan*. Die übrigen, bei denen die Parenchymschichten offenbar mit den Gefässen in Zusammenhang stehen, lassen sich wieder in zwei Gruppen sondern, je nachdem die tangentialen Parenchymbänder gleichsam nur confluirende Ausläufer der die Gefässe umhüllenden Parenchymgruppen sind, wie: *Cassia*, *Gleditschia*, *Detarium*, *Aloexylon* und *Caesalpinia brasiliensis* oder die Parenchymschichten wechseln regelmässig mit Libriformschichten ab, bei: *Baphia*, *Bauhinia*, *Dicorynia*.

Die beiden letzten Gruppen gehen oft in einander über, so dass die Entscheidung in manchen Fällen schwierig ist

Aus dieser Zusammenstellung geht hervor, dass die auf histologischen Principien fussende Eintheilung mit den bekannten Systemen nicht harmonirt.

Haematoxylon campechianum L.[2]

Fig. 73.

Mit unbewaffnetem Auge erkennt man am Querschnitte eine zarte, dichte concentrische Schichtung. Gefässe und Markstrahlen sind nur schwer zu unterscheiden. Unter der Loupe sieht man erstere als Poren, welche in den unregelmässigen, häufig anastomosirenden tangentialen Bändern eingeschlossen sind.

---

[1] Vogl, Jahrb. f. w. Bot. IX, p. 277.

[2] Wiesner, Rohstoffe, p. 552.

Die Gefässe stehen meist isolirt, wohl auch in kurzen radialen Reihen. Sie sind oft regelmässig kreisrund mit dem Durchmesser von 0·8 — 0·15 Mm. Die Verdickung ist gering, die Tüpfel ansehnlich. Die Wände sind oft verharzt und als Inhalt finden sich Klumpen einer rothbraunen Masse.

Das Parenchym umgibt die Gefässe allseitig und verbindet sie seitlich mit einander. Es besteht aus dünnwandigen, 0·02 Mm. weiten Zellen, welche entweder axial gestreckt oder nahezu kubisch sind und Krystalle enthalten.

Die Libriformfasern sind höchstens 0·015 Mm. breit und ausgezeichnet durch eine sich deutlich abhebende, mächtige innere Verdickungsschichte, die nur ein enges Lumen freilässt.

Die Markstrahlen sind aus 1—5 Reihen radial gestreckten, schmalen Zellen zusammengesetzt. Alle Zellmembranen sind mit Farbstoff imprägnirt, der sich schon im Wasser carminroth löst.

Das Campecheholz (Blauholz, Bois d'Inde, Log wood) stammt aus Central- und Süd-Amerika und den westindischen Inseln. Der Kern, welcher allein in den Handel kommt, ist braunroth, hart.

Parkinsonia aculeata L.

Der Querschnitt ist mit hellen Pünktchen bestreut. Unter der Loupe erkennt man die isolirten oder in kurzen radialen Reihen stehenden Poren und zahlreiche Markstrahlen.

Die Gefässe sind bis 0·06 Mm. weit, mässig verdickt und mit grossen (0·006 Mm.) quergestreckten Tüpfeln dicht besetzt.

Spärliche Parenchymzellen finden sich nur in der Umgebung der Gefässe.

Die Libriformfasern sind ebenso breit (0·015 Mm.), wenig verdickt.

Die Markstrahlen bestehen aus 1 oder 2 Reihen enger (0·01 Mm.), radial bedeutend gestreckter Zellen.

Ein Baum West-Indiens und des warmen Amerika. Das Holz ist hellgelb, weich und leicht.

Gymnocladus canadensis Lam.

Der Querschnitt ist geringelt. Man unterscheidet im Frühlingsholze einen Porenring, im Spätholze zerstreute helle Pünktchen. Die Markstrahlen sind fein.

Die Frühjahrsgefässe stehen dicht gedrängt und sind im Mittel 0·15 Mm. weit. Ihre Grösse verringert sich nach aussen allmälig bis auf 0·015 Mm. und sie stehen meist in kleinen Gruppen, auch wohl isolirt. Sie sind mässig verdickt und dicht mit grossen, rundlichen oder querelliptischen Tüpfeln besetzt. Die Tracheiden sind auch spiralig verdickt.

Das Parenchym umgibt die Gefässe, verräth aber keinerlei tangentiale Anordnung. Es ist am Querschnitte vorzüglich an den feinen porösen Membranen kenntlich, da ihre Verdickung wenig geringer, die Breite gleich ist jener des Libriform (0·015 Mm.).

Die Markstrahlen bestehen aus 1—3 Reihen Zellen mit wechselnden Dimensionen.

Der „Kaffeebaum von Kentucky" liefert ein hellgelbes, im Kern röthliches, glänzendes, ziemlich hartes Holz.

Caesalpinia echinata Lam.[1] (*Guilandina echinata* Spreng.).

Der Querschnitt zeigt undeutlichen Ringbau und ist mit zerstreuten, hellen Pünktchen besetzt. Unter der Loupe erkennt man die zahlreichen Markstrahlen und die von einem schmalen Hofe umgebenen Poren.

Die Gefässe sind klein, meist nur 0·03, höchstens 0·045 Mm. weit. Sie sind ziemlich stark verdickt, klein getüpfelt und stehen oft in radialen Reihen, aber auch isolirt.

Das Parenchym umgibt in geringer Menge die Gefässe und bildet niemals tangentiale Binden.

Die Libriformfasern sind bis zum Schwinden des Lumens verdickt und lassen zwei scharf getrennte Verdickungsschichten erkennen.

Die Markstrahlen bestehen aus 1—3 Reihen, radial gestreckter, relativ stark verdickter Zellen.

[1] Vogl, Lotos, März 1873. — Wiesner, Rohstoffe, p. 551 (ist wohl *Caesalpinia brasiliensis* L.).

Über das mikrochemische Verhalten s. Vogl (l. c.).

Das Fernambuk- oder echte Brasilienholz ist braunroth, viel härter und schwerer als Campecheholz.

Caesalpinia Sappan L.[1]

Am gut geglätteten Querschnitte erkennt man mit freiem Auge die äusserst zarten Markstrahlen, Poren und in grossen (mehrere Mm.) Abständen feine concentrische Kreislinien.

Die Gefässe stehen meist isolirt und sind zahlreich. Ihr Lumen misst im Mittel 0·1 Mm. Die Wand ist wenig verdickt und die Tüpfel sind 0·005 Mm. breit.

Das Parenchym umlagert in geringer Menge die Gefässe und bildet, unabhängig von ihnen, die schon dem unbewaffneten Auge erkennbaren schmalen, tangentialen Binden.

Die Libriformfasern sind 0·012 Mm. breit, sehr stark verdickt.

Die Markstrahlen sind 1—3reihig.

Über die Reactionen des in den Zellmembranen abgelagerten Farbstoffes vgl. Vogl und Wiesner (l. c.).

Das Sappanholz (ostindisches Fernambuk- oder Rothholz) hat eine mehr gelbrothe Farbe, ist sehr hart und leicht spaltbar.

Caesalpinia brasiliensis L.[2]

Die die Gefässporen einschliessenden hellen, tangentialen Strichelchen anastomosiren so vielfach, dass auf dem Querschnitte eine unregelmässig netzige Zeichnung entsteht. Markstrahlen sind nur unter der Loupe sichtbar.

Die Gefässe sind sehr zahlreich, isolirt und in Gruppen, in der Grösse sehr verschieden, aber 0·08 Mm. selten übersteigend. Die Verdickung ist ansehnlich, die Tüpfelung klein.

Durch die schon makroskopisch kenntliche Vertheilung des Parenchyms unterscheidet sich diese Art von der vorigen auf den ersten Blick.

An den sehr verdickten Libriformfasern ist eine Trennung der Verdickungsschichten nicht bemerkbar.

Die Markstrahlen sind 1—6reihig. Die Zellen sind radial gestreckt und sehr englichtig, nur an den Kreuzungen mit dem Parenchym werden sie diesem gleich.

Das gelbe Brasilienholz wird von dieser Stammpflanze abgeleitet.

Cassia Fistula L.

Ein verschwommener Ringbau ist durch die nach aussen dunkler werdenden Schichten angedeutet. Die Poren sind durch wellenförmige Linien mit einander verbunden. Unter der Loupe sieht man erst Markstrahlen. Die Poren stehen isolirt oder in kurzen radialen Reihen. Einzelne stehen ausser dem Verbande der tangentialen Linien und sind von einem selbständigen hellen Hofe umgeben.

Die Gefässe erreichen einen Querdurchmesser von 0·15 Mm., sind dünnwandig und gross (0·008 Mm.) getüpfelt.

Die Vertheilung des Holzparenchyms ist durch das Loupenbild klar. Die Zellen sind dünnwandig, grobporig und haben eine mittlere Weite von 0·025 Mm.

Das Libriform besteht aus stark verdickten, im Mittel 0·015 Mm. breiten Fasern.

Die Markstrahlen sind 2, höchstens 3 Reihen breit. Ihre Zellen sind etwa nur halb so breit wie jene des Parenchyms.

Die in Afrika heimische, in Ost- und West-Indien vorzüglich der Früchte wegen cultivirte Röhren-*Cassia* liefert ein hartes Bauholz.

---

[1] Vogl l. c. — Wiesner, Rohstoffe, p. 555.

[2] Vogl l. c.

Dicorynia paraensis Benth.

Mit unbewaffnetem Auge erkennt man am Querschnitte zarte concentrische Linien und grosse, zerstreute Poren. Unter der Loupe sieht man die Markstrahlen. Die tangentialen Linien sind gewellt, anastomosiren oft und in ihren Verlauf sind die Poren eingeschlossen.

Die Gefässe stehen isolirt oder zu Paaren. Sie sind immer sehr weit (0·2 Mm. und darüber), dünnwandig und gross getüpfelt. Wegen der verharzten Membran sind die Tüpfel oft nicht kenntlich.

Die tangentialen Parenchymbänder bestehen meist aus drei Reihen dünnwandiger, 0·03 Mm. weiter Zellen.

Die mit ihnen abwechselnden Schichten von Libriform sind um Mehrfaches breiter. Die Fasern sind eben so breit, aber beträchtlich verdickt und am Querschnitte rundlich. Sie heben sich durch ihre gelbe Farbe von den braunen Parenchym- und Markstrahlzellen deutlich ab.

Die Markstrahlen sind bis 3 Reihen breit. Die Zellen sind an den Kreuzungsstellen mit den Parenchymbändern erweitert und gleichen dem Parenchym.

Ein Baum Brasiliens mit chocoladebraunem, mässig hartem Holze.

Brownea grandiceps Jacq.

Die Gefässporen sind von einem hellen Hofe umgeben, der seitlich auf eine kürzere oder längere Strecke ausgezogen ist, bis dahin, dass zwei oder mehrere Poren durch tangentiale Bänder mit einander verbunden sind. Die zahlreichen Markstrahlen treten erst unter der Loupe deutlich hervor.

Die Gefässe stehen isolirt oder in kurzen radialen Reihen. Ihr Durchmesser erreicht 0·15 Mm. Sie sind mässig verdickt und mit kleinen, quergestreckten Tüpfeln besetzt.

Die Parenchymzellen sind bis 0·25 Mm. breit. Über ihre Anordnung belehrt vollkommen das Loupenbild.

Die Libriformfasern sind nur 0·012 Mm. breit und mässig verdickt.

Die Markstrahlen bestehen nur aus 1 oder 2 Reihen grobporiger Zellen mit sehr wechselnden Dimensionen.

Das Holz dieser im tropischen Süd-Amerika wachsenden Art ist hart, unscheinbar graubraun gefärbt.

Afzelia africana Sm.

Die Structur des Stammes ist mit unbewaffnetem Auge kenntlich. Die Markstrahlen sind fein und scharf gezeichnet. Die Poren sind von einem hellen, umfangreichen, seitlich verbreiterten Hofe umgeben. Mitunter confluiren mehrere, bilden aber keine tangentialen Bänder. In ungleichen, mehrere Millimeter weiten Abständen folgen einander äusserst zarte, helle Kreislinien.

Die Gefässe stehen isolirt oder zu zweien oder dreien radial gereiht. Sie sind mässig verdickt, 0·15 Mm. weit.

Das Parenchym, dessen Anordnung aus dem Loupenbilde vollkommen deutlich erhellt, besteht aus 0·03 Mm. weiten, dünnwandigen, porösen Zellen. Es finden sich auch Krystallkammerfasern unter ihnen.

Das Libriform steht in ziemlich regelmässigen radialen Reihen. Die Fasern sind stark verdickt, behöft getüpfelt und ausgezeichnet durch die gallertartige Verdickungsschichte.

Die Markstrahlen sind 1—4 reihig.

Der Baum wächst am Senegal. Das Holz ist sehr hart, im breiten Splint unscheinbar gelblich, im Kern schön rothbraun gefärbt.

Eperua falcata Aubl.

Der Querschnitt zeigt deutlichen Ringbau durch abwechselnd helle und dunkle Schichten. Überdies sieht man zarte, helle concentrische Kreise. Die Poren stehen isolirt oder in kurzen radialen Reihen. Die Markstrahlen sind scharf gezeichnet, etwas geschlängelt.

Das Lumen der Gefässe erreicht nicht selten 0·3 Mm. Die Wand ist mässig verdickt und von Poren durchbohrt, die äusserst zart behöft sind. Sie verharzt und viele Gefässe sind von einer glänzend braunrothen Masse erfüllt.

Die Gefässe sind immer von Parenchym umgeben. Ausserdem kommen aber 4—5 Zellen breite Parenchymschichten vor, welche regelmässige concentrische Kreise bilden und zu den Gefässen in keiner Beziehung zu stehen scheinen, indem diese nur hie und da in ihren Verlauf eingeschlossen sind.

Die Libriformfasern sind 0·02 Mm. breit und stark verdickt.

Die Markstrahlen bestehen aus 1—5 Reihen sehr weitlichtiger Zellen.

Stammt aus Guyana. Das Holz (Wallabaholz) ist braunroth, hart.

Tamarindus indica L.

Fig. 72.

Der Querschnitt ist dicht mit hellen Punkten bestreut. Unter der Loupe erkennt man die geschlängelten Markstrahlen. Die Poren stehen isolirt oder zu Paaren. Sie sind von einem hellen Hofe umgeben, der oft bei mehreren genäherten Poren confluirt ohne aber tangentiale Bänder zu bilden. Unabhängig davon verlaufen in grossen Abständen einige äusserst feine concentrische Kreislinien.

Der Querdurchmesser der Gefässe variirt von 0·02 — 0·12 Mm. Die Membran ist ziemlich stark verdickt, die Tüpfel sind gross, querelliptisch (0·006 Mm.).

Die Gruppirung des Holzparenchyms um die Gefässe erhellt schon aus dem Loupenbilde. Die Zellen sind dünnwandig, 0·015 Mm. breit.

Die Libriformfasern sind in eine lange, feine Spitze ausgezogen, häufig gegabelt. Bei einer Breite von 0·012 Mm. (selten darüber) sind sie stark verdickt und von kleinen behöften Spalten durchbohrt.

Die Markstrahlen sind 1—3 reihig.

Der Verbreitungsbezirk der Tamarinde erstreckt sich von West-Indien über Afrika, Arabien nach Ost-Indien und den Molukken. Das weisse, harte und dichte Holz soll von Insecten nicht angegriffen werden.

Hymenaea Courbaril L.

Der Querschnitt ist durch feine Linien concentrisch geschichtet. Die Poren stehen meist ausserhalb dieser Kreise und sind von einem in tangentialer Richtung verbreiterten Hofe umgeben. Die Markstrahlen sind sehr zart, geschlängelt.

Die Gefässe stehen meist isolirt in beschränkter Anzahl. Sie messen gewöhnlich 0·06 Mm. in der Breite, sind mässig verdickt, gross getüpfelt. Fast immer ist die Membran verharzt und das Lumen von einer braunrothen Masse erfüllt, welche auch neben Krystallen den Inhalt vieler Parenchym- und Markstrahlzellen ausmacht.

Die Anordnung des Parenchyms erhellt aus dem Loupenbilde. Die gewöhnlich 2—4 Zellen breiten (radial) tangentialen Bänder scheinen in keiner Beziehung zu den Gefässen zu stehen. Die Zellen sind dünnwandig, grob porös, 0·025 Mm. breit. Die Libriformfasern sind nur 0·012 Mm. im Mittel breit, ihre Membranen sehr stark verdickt und, wie alle anderen, honiggelb gefärbt.

Die Markstrahlen sind 1- oder 2reihig. Die Zellen sind etwas stärker verdickt als das Parenchym und häufig waltet die Höhendimension vor.

Der Locustbaum (Quapinole) ist in West-Indien und Süd-Amerika heimisch. Aus dem Stamme fliesst der amerikanische Copal, Resina Courbaril (engl. Anime). Das Holz ist braunroth, sehr hart und schwer.

Bauhinia reticulata DC.

Der Querschnitt ist durch abwechselnd helle und dunklere, ziemlich gleich breite Binden concentrisch geschichtet. Markstrahlen treten erst unter der Loupe hervor. Man sieht, dass die Binden wellenförmig verlaufen und oft anastomosiren. Die Poren, isolirt oder in Paaren, sind spärlich in den hellen Lagen zerstreut.

Die Gefässe sind meist nur 0·8 Mm. weit, mässig verdickt. Die Tüpfel sind gross mit eckig abgeflachten Höfen.

Die Parenchymbänder bestehen aus 4—10 Reihen (radial) weiter (0·03 Mm.), grobporiger Zellen. Sie enthalten oft, wie die Markstrahlen, eine homogene rothbraune Masse und riesige (0·03 Mm.) rhomboëdrische Krystalle.

Die Libriformfasern sind sehr stark verdickt und überdies von einer gallertartigen Schichte ausgekleidet.

Es kommen fast nur einreihige Markstrahlen vor. Die Zellen sind wenig gestreckt, weitlichtig.

Bauhinia rufescens Lam.

Ist von der vorigen schon makroskopisch durch die breiten Markstrahlen zu unterscheiden, welche im Verein mit den tangentialen Parenchymschichten dem Querschnitte das Aussehen eines groben Gewebes verleihen. Sie sind bis zu sechs Zellreihen breit.

Beide Arten stammen aus dem südlichen Afrika. Das Holz ist sehr hart und dicht, unscheinbar gelblich oder braun gefärbt.

Baphia nitida Lodd.

Der Querschnitt ist zart geschichtet. Unter der Loupe erkennt man, dass die dunkeln Schichten etwas breiter sind als die hellen, in deren Verlauf nur spärliche kleine Poren eingeschlossen sind. Die Markstrahlen sind sehr fein.

Die Gefässe, meist 0·06 Mm. weit und kreisrund, finden sich sowohl in den Parenchym- als in den Libriformbändern. Im letzten Falle sind sie aber nur von wenigen Parenchymzellen umlagert, so dass die ungewöhnliche Regelmässigkeit der Schichtung kaum eine Unterbrechung erfährt. Die Gefässlumina sind immer von einer orangerothen Masse erfüllt, auch die Membranen sind verharzt, so dass man nur an wenigen Stellen die kleinen quergestreckten Tüpfel erkennt.

Die Parenchymbänder bestehen aus 3—4 Reihen relativ dickwandiger, grobporiger Zellen.

Die Libriformfasern sind so breit wie das Parenchym (—0·018 Mm.), am Querschnitte rundlich und bis zum Schwinden des Lumens verdickt ohne Trennung der Schichten.

Die Markstrahlen sind 1—3 reihig. Die Zellen sind dickwandig und enge (0·012 Mm.).

Das afrikanische Rothholz (Caban- oder Cambalholz, Cam-wood, bois de Cam, Takaël) aus Sierra Leone soll ursprünglich weiss sein und erst an der Luft roth, selbst schwarz werden. Das vorliegende Muster ist dunkel blutroth und ausserordentlich hart und schwer.

Aloexylon Agallochum Lour. (*Cynometra Agallocha* Spreng.).

Fig. 74.

Zerstreute helle Pünktchen und eine Andeutung von Markstrahlen sieht man am Querschnitte mit freiem Auge. Das unvollkommene Bild wird durch die Loupe nicht wesentlich geklärt.

Mikroskopischer Befund: Die Gefässe stehen isolirt oder in kurzen radialen Reihen. Sie sind im Mittel 0·1 Mm. weit, stark verdickt. Die äusserst feine Tüpfelung ist wegen des harzigen Inhaltes und der degenerirten Membran nur selten sichtbar.

Das Parenchym umgibt die Gefässe in geringer Menge und verbindet sie unter einander mittelst schmaler, auch oft unterbrochener tangentialer Schichten. Die Zellen sind nur wenig breiter als das Libriform (0·02 Mm.), ihr Lumen ist aber in Folge der geringen Verdickung grösser und ihr Inhalt ist dunkler gefärbt.

Die Libriformfasern sind kurz, mitunter verzweigt und meist durch einen Absatz plötzlich verjüngt. Daher kommt es, dass man am Querschnitte nur weite und enge Fasern trifft; Mittelbildungen sind sehr selten.

Die Markstrahlen sind einreihig. Die Zellen sind radial gestreckt, $t = 0{\cdot}02$, $h = 0{\cdot}03$ Mm. Sie enthalten auch Krystalle neben der in allen Elementen vorkommenden krümeligen, harzigen Masse.

Alle Zellwände sind hellgelb gefärbt und quellen in Kali stark auf. Nur in den Parenchymzellen kann man noch Spuren von Zellstoff nachweisen, auf die anderen Elemente bleiben die Reactionen negativ.

Wächst auf den höchsten Bergen Cochinchina's und liefert das echte Lignum Aloës. Es ist kaffeebraun, sehr schwer und hart. Viele Stellen sind wachsglänzend und splittern beim Schneiden wie eine Harzmasse. Wahrscheinlich verwandelt sich das Gewebe allmälig in jene dunkelbraune, weiche, im Wasser untersinkende, beim Verbrennen sehr wohlriechende harzige Substanz, welche zu den kostbarsten Droguen der Orientalen, besonders Chinesen zählt.

Detarium microcarpum Guill. & Perr.

Man erkennt schon mit unbewaffnetem Auge die feinen, dicht gedrängten Markstrahlen und grossen Poren. Diese sind von einem schmalen Hofe umgeben, der meist seitlich verbreitert ist und von Strecke zu Strecke zu tangentialen Bändern zusammenfliesst.

Die Gefässe sind im Mittel 0·18 Mm. weit, dünnwandig und gross (0·006 — 0·009 Mm.) getüpfelt. Sie stehen isolirt oder zu Paaren.

Das sie umgebende und stellenweise tangentiale Reihen bildende Parenchym besteht aus 0·02 Mm. breiten, dünnwandigen Zellen.

Auch die Libriformfasern sind nur mässig verdickt, 0·012 Mm. breit.

Die Zellen der Markstrahlen, 1—5 reihig, sind sehr weitlichtig (0·025 Mm.) und mehr oder minder radial gestreckt.

Ein am Senegal wachsender Baum mit röthlichem, ziemlich weichem Holze.

Gleditschia sp.

Der Ringbau ist durch den breiten Porenring im Frühlingsholze deutlich markirt. Auch die Poren im Spätholze und die Markstrahlen sind kenntlich. Unter der Loupe sieht man, dass die Frühjahrsgefässe in einer gelben Grundmasse liegen, später wird diese dunkler und die Poren sind von einem hellen Hofe umgeben. An der äussersten Herbstgrenze sind die Gefässe durch helle Querbinden zu einer zusammenhängenden Schichte verbunden.

Die Gefässe im Frühlingsholze messen am Querschnitte bis 0·15 Mm., im Herbstholze sind die engsten vom Parenchym nicht zu unterscheiden. Die Verdickung ist nicht beträchtlich, die Tüpfel aber sind klein, aus einer behöften feinen Querspalte gebildet. Die engen Gefässe und Tracheiden sind spiralig verdickt.

Die Anordnung des Parenchyms ergibt sich schon aus dem Loupenbilde. Es bildet die hellen Zonen um die Gefässe und die tangentialen Bänder im Herbtholze. Die Zellen sind meist 0·018 Mm. breit, dünnwandig und fein porös.

Die Libriformfasern sind stark verdickt und das Lumen wird überdies durch eine tertiäre Verdickungsschichte fast bis zum Schwinden verengt. Diese Verdickung ist farblos, alle Zellenwände aber gelb.

Die Markstrahlen sind bis zu 8 Zellen breit.

MIMOSACEAE.

Auch von dieser Ordnung gilt das bei den Caesalpinien Gesagte. Die Histologie des Holzes beweist einen unverkennbaren Zusammenhang mit den Papilionaceen. Alle bei diesen angeführten Modificationen in dem Verhältnisse des Parenchyms zu den Gefässen finden sich hier wieder.

Die Gefässe sind von Parenchymgruppen umgeben, welche keine tangentiale Verbreiterung tendiren, bei *Acacia vera* W.

Die Parenchymgruppen mehrerer Gefässe confluiren seitlich bei *Adenanthera*, *Erythrophloeum.*

Das Parenchym bildet zusammenhängende tangentiale Schichten, in denen die Gefässe eingebettet liegen.

a. Die Schichten sind breit und von Libriform scharf abgegrenzt: *Acacia albicans*, *Parkia.*

b. Die Schichten sind breit, vom Libriform nur undeutlich geschieden: *Acacia arabica.*

c. Die Schichten scheinen nur Ausläufer der die Gefässe umlagernden Parenchymgruppen zu sein: *Acacia horrida.*

Unabhängig von den die Gefässe umlagernden Parenchymgruppen kommen schmale, concentrische Parenchymbänder vor bei *Acacia scleroxyla.*

Von histologischen Eigenthümlichkeiten ist nur das häufige Verkommen der gallertartigen Verdickungsschichte bei den Acacien hervorzuheben.

Parkia africana R. Br. (*Inga senegalensis* DC.).

Der Ringbau ist undeutlich entwickelt. Helle, geschlängelte, tangentiale Linien von wechselnder Breite durchziehen in dichten Reihen den Querschnitt. In ihnen sind Poren eingebettet. Markstrahlen werden erst unter der Loupe kenntlich.

Die Gefässe stehen meist isolirt, sind etwa 0·15 Mm. weit, wenig verdickt und gross getüpfelt.

Die Parenchymbänder, aus sehr dünnwandigen und weiten Zellen bestehend sind breit genug, um die Gefässe vollkommen zu umschliessen, es kommen aber auch Gefässe vor, welche von einem selbstständigen breiten Hofe umgeben sind.

Die Libriformschichten sind mächtiger. Die Fasern sind stark verdickt, bis 0·02 Mm. breit.

Die Markstrahlen sind 1—5reihig.

Der Dourabaum, im indischen Archipel und im tropischen Afrika heimisch, liefert ein weisses, hartes Holz.

Adenanthera Pavonina Linn.

Der Querschnitt ist durch verschieden breite Jahresschichten wellig gezont. Die von einem hellen Hof umgebenen Poren sind in geringer Zahl gleichmässig zerstreut. Markstrahlen sind nur mit Mühe zu untere scheiden.

Die grossen (bis 0·12 Mm.) Gefässe stehen isolirt oder in kleinen Gruppen, sind dünnwandig und gross getüpfelt. Sie sind reichlich von dünnwandigem, weitlichtigem (0·03 Mm.) Parenchym umgeben, welches nur selten mit benachbarten Gruppen zusammenfliesst, weil die Gefässe in grossen Abständen stehen. Sehr häufig kommen lange Krystallkammerfasern vor, deren cubische Zellen enger sind als das inhaltslose Parenchym und die zu den Gefässen in keiner Beziehung stehen, vielmehr unabhängig von ihnen, im Libriform zerstreut sind. Man erkennt sie schon am Querschnitte leicht an den grossen Krystallen. Die Libriformfasern sind etwa ebenso breit (0·015 Mm.) nur wenig dickwandiger aber oft mit einer gefalteten, gallertartigen Verdickungsschichte ausgekleidet.

Die Markstrahlen sind 1- oder 2reihig. Die weiten Zellen gleichen sehr dem Parenchym.

Das Condoriholz (Crête de paon) kommt aus Madagaskar, Ost- und West-Indien. Es ist braun, hart und dicht.

Erythrophlaeum sp.

Gleicht makroskopisch vollkommen der *Adenanthera.* Auch die mikroskopische Untersuchung weist nur geringfügige Unterschiede nach.

Die die Gefässe umlagernden Parenchymzellen sind dünnwandiger, Die Libriformfasern dagegen stärker verdickt, beide in ihrem Querschnitte kleiner. Es fehlen die Krystallkammerfasern.

Das Holz ist härter als Condori, hat weissen Splint und dunkel braunrothen Kern.

Acacia arabica Willd. (*Acacia nilotica* Delil.).

Man erkennt mit freiem Auge die feinen Markstrahlen. Die Poren sind von einem hellen Hofe umgeben oder seitlich mit einander durch helle Binden vereinigt.

Die Gefässe stehen entweder allein und sind dann sehr regelmässig contourirt, bis 0·2 Mm. weit oder es sind mehrere Gefässe verschiedener Grösse zu kleinen Gruppen vereinigt. Die Verdickung ist mässig, die Tüpfel bestehen aus rundlich behöften (0·005 Mm.) Poren.

Unter dem Mikroskope tritt die Begrenzung zwischen Parenchym- und Libriformschichten weniger deutlich hervor, weil die Elemente beider nahezu gleiche Breite haben und auch die Verdickung wenig differirt.

Die Parenchymzellen sind an der Gleichförmigkeit der Querschnitte (0·015 Mm.) und an den porösen Wänden kenntlich, während die Libriformfasern, in verschiedener Höhe durchschnitten, neben den breiten auch enge Querschnitte zeigen.

Die Markstrahlen bestehen aus 1—3 Reihen radial gestreckter, englichtiger Zellen.

Eine über den Senegal, Äpypten, Arabien und Ost-Indien verbreitete Art. Das mir vorliegende Holzmuster, bois diababul, ist, entgegen den Angaben der Autoren, im Kern citronengelb gefärbt und hat einen 4 Cm. breiten weissen Splint. Es ist auch nur mässig hart und schwer.

Acacia albicans Kunth.

Der Querschnitt zeigt auf hellem Grunde, in welchem spärliche Poren zerstreut sind, dunklere, geschlängelt verlaufende tangentiale Linien. Die äusserst feinen Markstrahlen sind nur mit Hilfe der Loupe erkennbar.

Die Gefässe stehen meist zu Paaren, selten allein und sind etwa 0·15 Mm. weit. Sie sind wenig verdickt und die grossen Tüpfel bestehen aus rundlich behöften Querspalten.

Die Parenchymschichten sind breiter als die Libriformschichten und von diesen scharf getrennt. Die Parenchymzellen sind nämlich 0·03 Mm. weit und sehr dünnwandig, während die Libriformfasern stark verdickt und nur halb so breit sind.

Die Markstrahlen sind 1 oder 2 reihig.

Eine an der Campeche-Bay wachsende Art mit hellfarbigem, mässig hartem Holze.

Acacia horrida Willd. (*Acacia capensis* Burch.).

Mit freiem Auge sind am Querschnitte nur wenige zerstreute Poren bemerkbar. Unter der Loupe werden sie zahlreicher, isolirt oder in kurzen radialen Reihen. Sie sind von einem engen, kaum zu unterscheidenden Hofe umgeben und durch zarte vom Grunde sich wenig abhebende tangentiale Bänder mit einander verbunden. Die Markstrahlen sind sehr fein.

Die im Mittel 0·15 Mm. weiten Gefässe sind dünnwandig und mit grossen rundlich behöften Spaltentüpfeln besetzt. Die geringe Menge parenchymatischer Zellen, welche ihnen angelagert sind, gehören schmalen Schichten an, welche in vielen Krümmungen die Holzstrahlen quer durchsetzen.

Die Libriformschichten sind bedeutend mächtiger und die Fasern durch eine stark entwickelte tertiäre Verdickungsschichte ausgezeichnet.

Die Markstrahlen sind 1—3 reihig und verlaufen in ziemlich gleichen Abständen.

Eine der Gummi liefernden Acacien des östlichen Afrika und Arabiens. Das Holz ist hellgelb, sehr hart und schwer.

Acacia scleroxyla Tussac.

Der Querschnitt erscheint dem unbewaffneten Auge dicht punktirt. Unter der Loupe sind die von einem breiten Hofe umgebenen Poren erkennbar. In Abständen von mehreren Millimetern verlaufen sehr regelmässige, äusserst feine concentrische Kreislinien. Die Markstrahlen sind zart und scharf gezeichnet.

Die Gefässe stehen isolirt oder in kleinen Gruppen, ihr Lumen schwankt zwischen 0·03 — 0·8 Mm. und ist meist von einer braunrothen, harzigen Masse ausgefüllt. Sie sind beträchtlich verdickt und sehr klein getüpfelt.

Ein relativ derbwandiges Parenchym umgibt die Gefässe, setzt aber keine tangentialen Schichten zusammen. In unregelmässigen Abständen folgen aber einander schmale concentrische Parenchymbänder.

Die Libriformfasern sind fast so breit wie die Parenchymzellen (0·018 Mm.), ihr Lumen aber auf einen engen Canal reducirt, indem die an sich schon sehr beträchtliche Verdickung noch durch eine tertiäre Auflagerung verstärkt wird.

Die Markstrahlen sind 1—3reihig. Die Zellen sind bei beträchtlicher radialer Streckung sehr enge.

Das Holz dieser auf den Caraïben wachsenden Art, „tendre à caillou bâtard" ist von dunkel braunrother Farbe, ausserordentlich hart.

Acacia vera Willd.

Man erkennt mit unbewaffnetem Auge die feinen Markstrahlen und zerstreute Poren. Diese sind, wie die Loupe zeigt, von einem verschwommenen Hofe umgeben. Es ist nicht die Andeutung einer Zonenbildung vorhanden.

Die isolirt oder in radialen Reihen stehenden Gefässe sind meist 0·1 Mm. weit, mässig verdickt, gross getüpfelt.

Das Parenchym besteht aus 0·02 Mm. breiten, derbwandigen, grobporösen Zellen, welche die Gefässe umlagern, ohne sich jemals zu tangentialen Schichten zu vereinigen.

Die Breite der Libriformfasern erreicht nahezu die des Parenchyms. Auch ihre Verdickung ist kaum beträchtlicher, wird aber durch eine nie fehlende, gallertartige Schichte verstärkt.

Die Markstrahlen sind 1—3reihig.

Der vom Senegal bis Egypten verbreitete „Gommier rouge" (Adanson) liefert ein hellfarbiges, hartes Holz.

Inhalt.

ERKLÄRUNG DER TAFELN.

g = Gefäss.	*ef* = Ersatzfaser.
t = Tracheide.	*l* = Libriform.
s = Querscheidewand.	*m* = Markstrahl.
hp = Holzparenchym.	*k* = Krystall.

TAFEL I.

Fig. 1. *Pinus Cedrus* L., tang. Lg., p. 311.
„ 2. *Pinus Cedrus* L., isolirte Tracheiden und Markstrahlzellen, p. 311.
„ 3. *Cupressus sempervirens* L., isolirte Tracheiden und Markstrahlzellen, p. 310.
„ 4. *Dammara alba* Rumph., zweireihig getüpfelte Tracheiden, p. 314.
„ 5. *Pinus Laricio* L., Zacken- und Lochmarkstrahlen, p. 311.
„ 6. *Pinus Laricio* L., isolirte Tracheiden und Markstrahlzellen, p. 311.
„ 7. *Pinus Laricio* L., tang. Lg., p. 311.
„ 8. *Casuarina stricta* Ait., Qu., p. 315.
„ 9. *Betula alba* L., Qu., p. 316.
„ 10. *Quercus Cerris* L., Qu., p. 318.
„ 11. *Quercus Cerris* L., rad. Lg., p. 318.
„ 12. *Castanea vulgaris* Lam., rad. Lg., p. 318.
„ 13. *Corylus Colurna* L., Qu., p. 321.

TAFEL II.

Fig. 14. *Planera aquatica* Gmel., Qu., p. 323.
„ 15. *Maclura aurantiaca* Nutt., isolirte Elemente, p. 325.
„ 16. *Maclura tinctoria* Don., krystallinische Bildungen, p. 325.
„ 17. *Maclura tinctoria* Don., rad. Lg., p. 325.
„ 18. *Cecropia peltata* W., Qu., p. 327.
„ 19. *Cecropia peltata* W., rad. Lg., p. 327.
„ 20. *Platanus occidentalis* L., isolirte Elemente, p. 329.
„ 21. *Liquidambar orientalis* Mill., Qu., p. 329.
„ 22. *Populus* sp., Qu., p. 330.
„ 23. *Coccoloba laurifolia* Jacq., Qu., p. 330.
„ 24. *Licaria* sp., Qu., p. 334.
„ 25. *Santalum album* L., Qu., p. 335.

TAFEL III.

Fig. 26. *Hernandia sonora* L., isolirte Elemente, p. 337.
„ 27. *Aquilaria Agallocha* Roxb., Qu., p. 337.
„ 28. *Hippophae rhamnoides* L., Qu., p. 338.
„ 29. *Protea ericoides*, hort., Qu., p. 339.
„ 30. *Protea ericoides*, hort., isolirte Libriformfasern, p. 339.
„ 31. *Gardenia sulcata* Gaertn., Qu., p. 343.
„ 32. *Viburnum Lantana* L., Qu., p. 345.
„ 33. *Ligustrum vulgare* L., Qu., p. 347.
„ 34. *Ligustrum vulgare* L., isolirte Gefässe, Tracheiden, Libriform und Markstrahlzellen, p. 347.
„ 35. *Strychnos Colubrina* L., Qu., p. 348.
„ 36. *Tachia guyanensis* Aubl., Qu., p. 349.
„ 37. *Tectona grandis* L. fil., Qu., p. 351.

TAFEL IV.

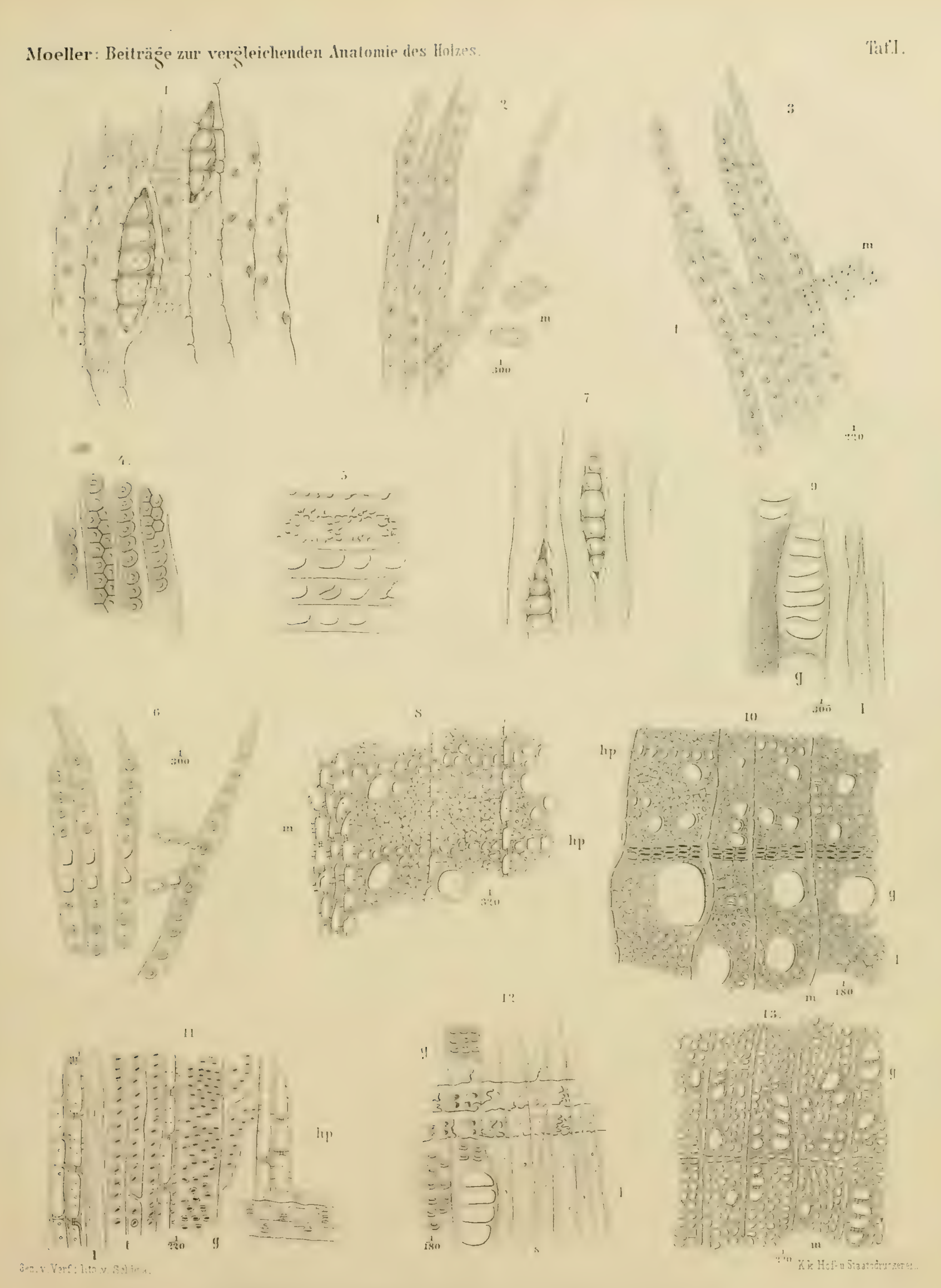
Fig. 38. *Avicennia africana* P. de B., Qu., p. 352.
„ 39. *Avicennia africana* P. de B., isolirte Elemente, p. 352.
„ 40. *Varronia abyssinica* DC., Qu., p. 353.
„ 41. *Cordia Gerascanthus* Jacq., tang. Lg., p. 353.
„ 42. *Convolvulus floridus* L., Qu., p. 354.
„ 43. *Jacaranda brasiliana* Pers., Qu., p. 356.
„ 44. *Catalpa syringaefolia* Sims., Qu., p. 357.
„ 45. *Sideroxylon cinereum* Lam., isolirte Gefässe (mit Thyllen), Libriform, Parenchym- und Markstrahlzellen, p. 358.
„ 46. *Imbricaria maxima* Poir., Qu., p. 358.
„ 47. *Diospyros discolor* W., Qu., p. 360.
„ 48. *Diospyros Ebenum* Retz., isolirte Elemente, p. 359.
„ 49. *Rhododendron maximum* L., isolirte Elemente, p. 361.

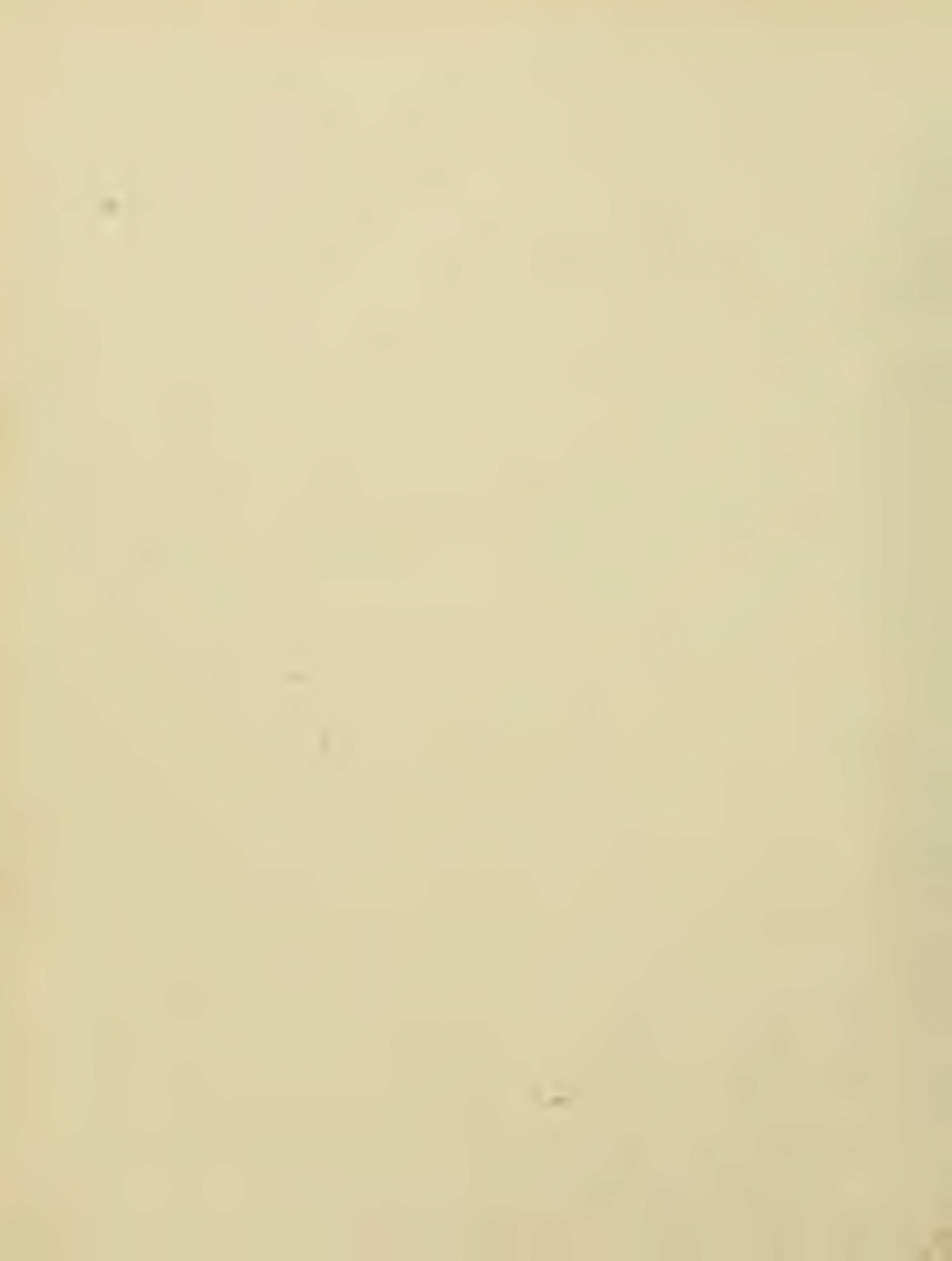
TAFEL V.

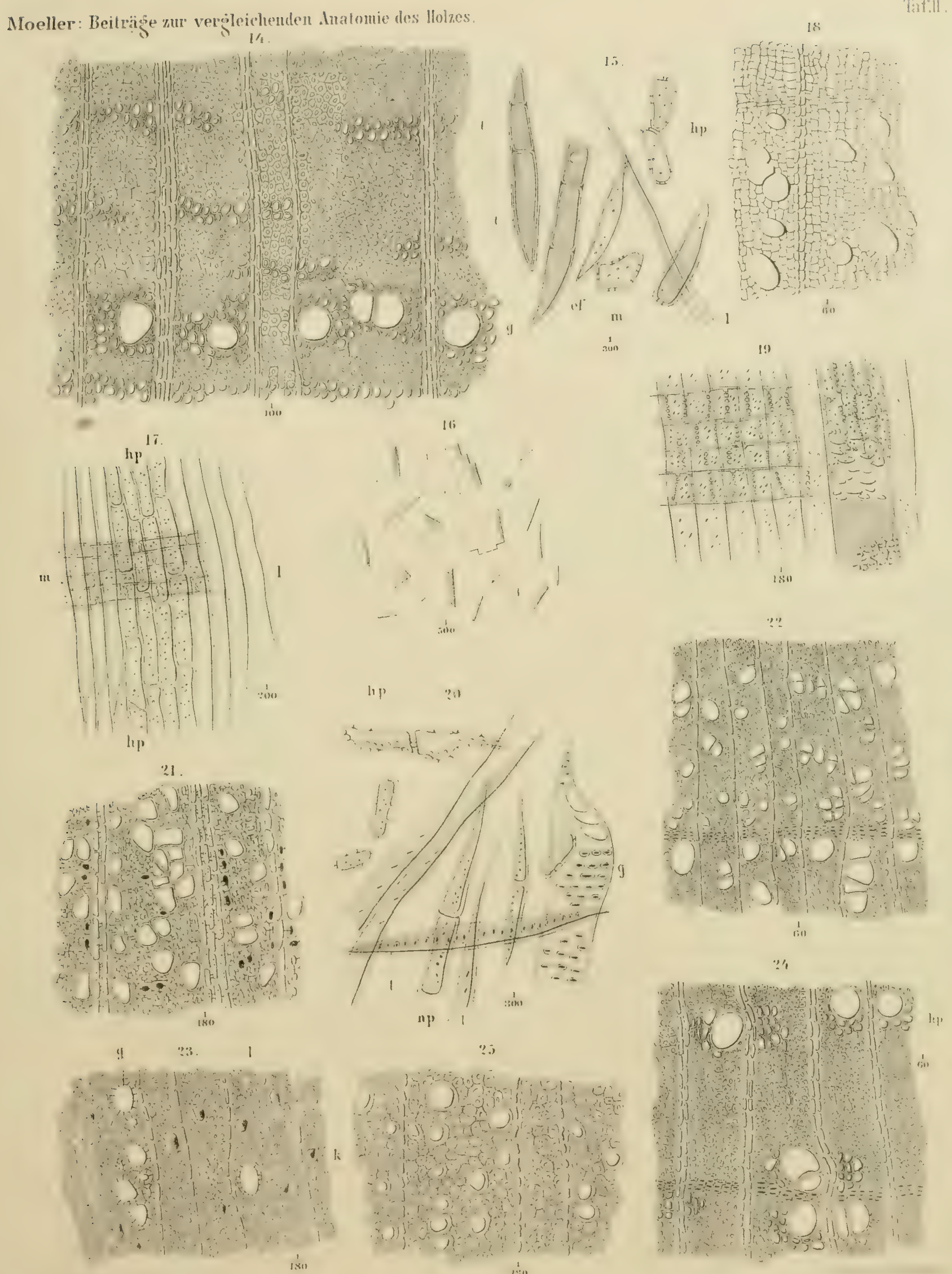
Fig. 50. *Vitis vinifera* L., isolirte Elemente, p. 362.
„ 51. *Cissampelos Pareira* Lam., isolirte Gefässe, Tracheiden, Libriform, einfaches und conjugirtes Parenchym, Steinzellen, p. 364.
„ 52. *Cissampelos Pareira* Lam., Qu., p. 364.
„ 53. *Clematis Vitalba* L., isolirte Elemente, p. 368.
„ 54. *Homalium racemosum* Jacq., Qu., p. 370.
„ 55. *Lavatera arborea* L., Qu., p. 372.
„ 56. *Sterculia cordifolia* Cuv., Qu., p. 374.
„ 57. *Guazuma ulmifolia* Lam., isolirte Elemente, p. 375.
„ 58. *Tilia microphylla* Vent., isolirte Elemente, p. 376.
„ 59. *Vatica laccifera,* W. et. Arn., Qu., p. 376.
„ 60. *Melia Azedarach* L., Qu., p. 380.

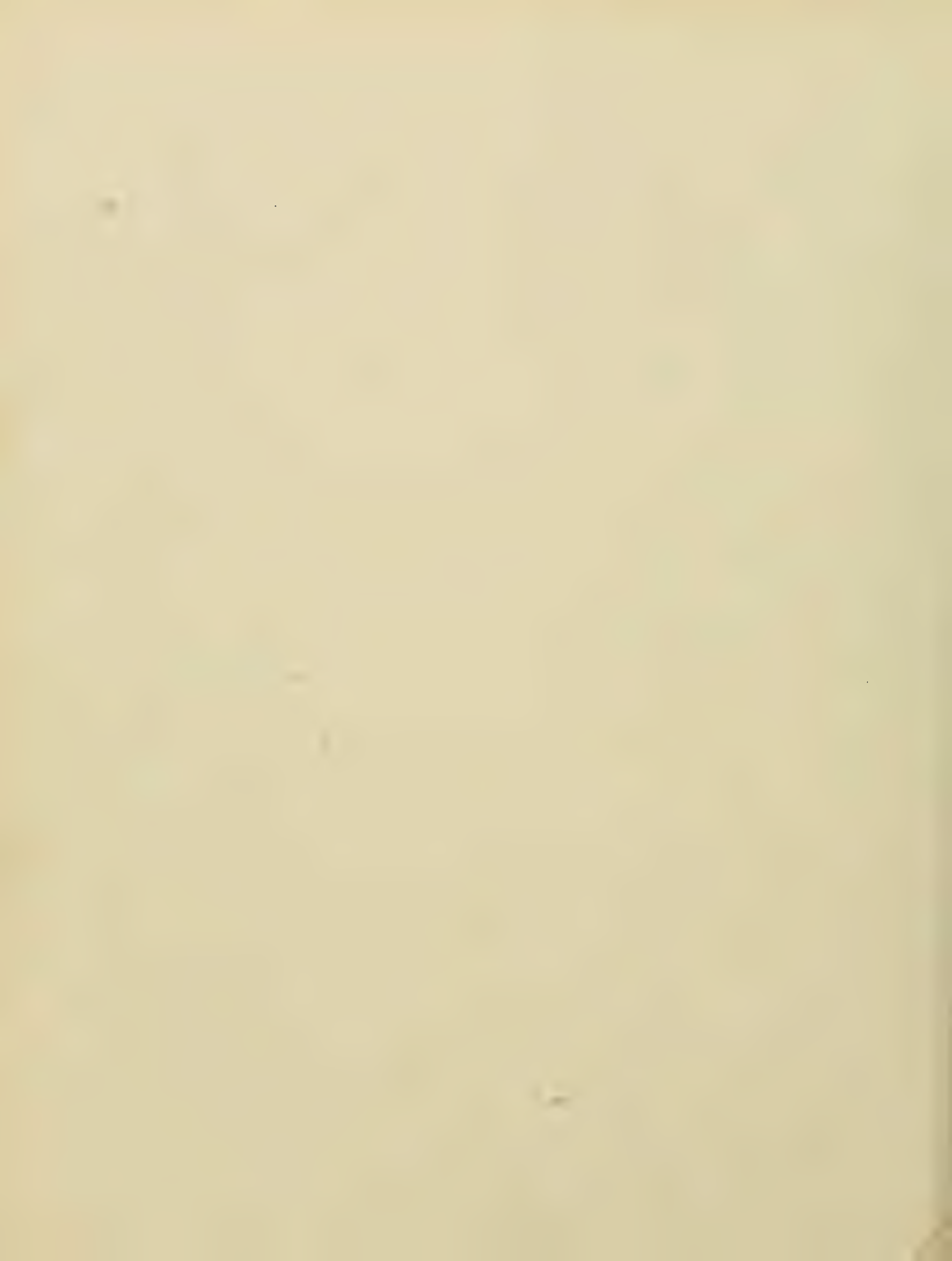
TAFEL VI.

Fig. 61. *Swietenia Mahagoni* L., Qu., p. 382.
„ 62. *Cedrela odorata* L., verästigte und gekrümmte Libriformfasern, p. 382.
„ 63. *Sapindus Saponaria* L., Qu., p. 384.
„ 64. *Aesculus Hippocastanum* L., Qu., p. 385.
„ 65. *Zizyphus Baclei* DC., Qu., p. 389.
„ 66. *Buxus sempervirens* L., Qu., p. 390.
„ 67. *Carya alba* Nutt., isolirte Elemente, p. 391.
„ 68. *Physocalymna florida* Pohl, isolirte Gefässe, Parenchym, Markstrahlzellen, Libriform- und Krystallkammerfasern, p. 400.
„ 69. *Quassia amara* L., tang. Lg., p. 395.
„ 70. *Callistemon lanceolatum* DC., Qu., p. 403.
„ 71. *Cliffortia ilicifolia* L., isolirte Elemente, p. 405.
„ 72. *Tamarindus indica* L., Qu., p. 414.
„ 73. *Haematoxylon Campechianum* L., Qu., p. 410.
„ 74. *Cynometra Agallocha* Spreng., Qu., p. 415.






14.
15.
16
17.
18
19
20
21.
22
23.
24
25
hp
m
l
g
k
$\frac{1}{100}$
$\frac{1}{300}$
$\frac{1}{60}$
$\frac{1}{180}$
$\frac{1}{200}$
$\frac{1}{500}$



26. m hp l l g 1/180

29. m m g 1/60

31. hp 1/180

27. b hp b b l g 1/60

30. l 1/400

32. 1/180

34. l hp t g 1/500

28. 1/60

33. 1/180

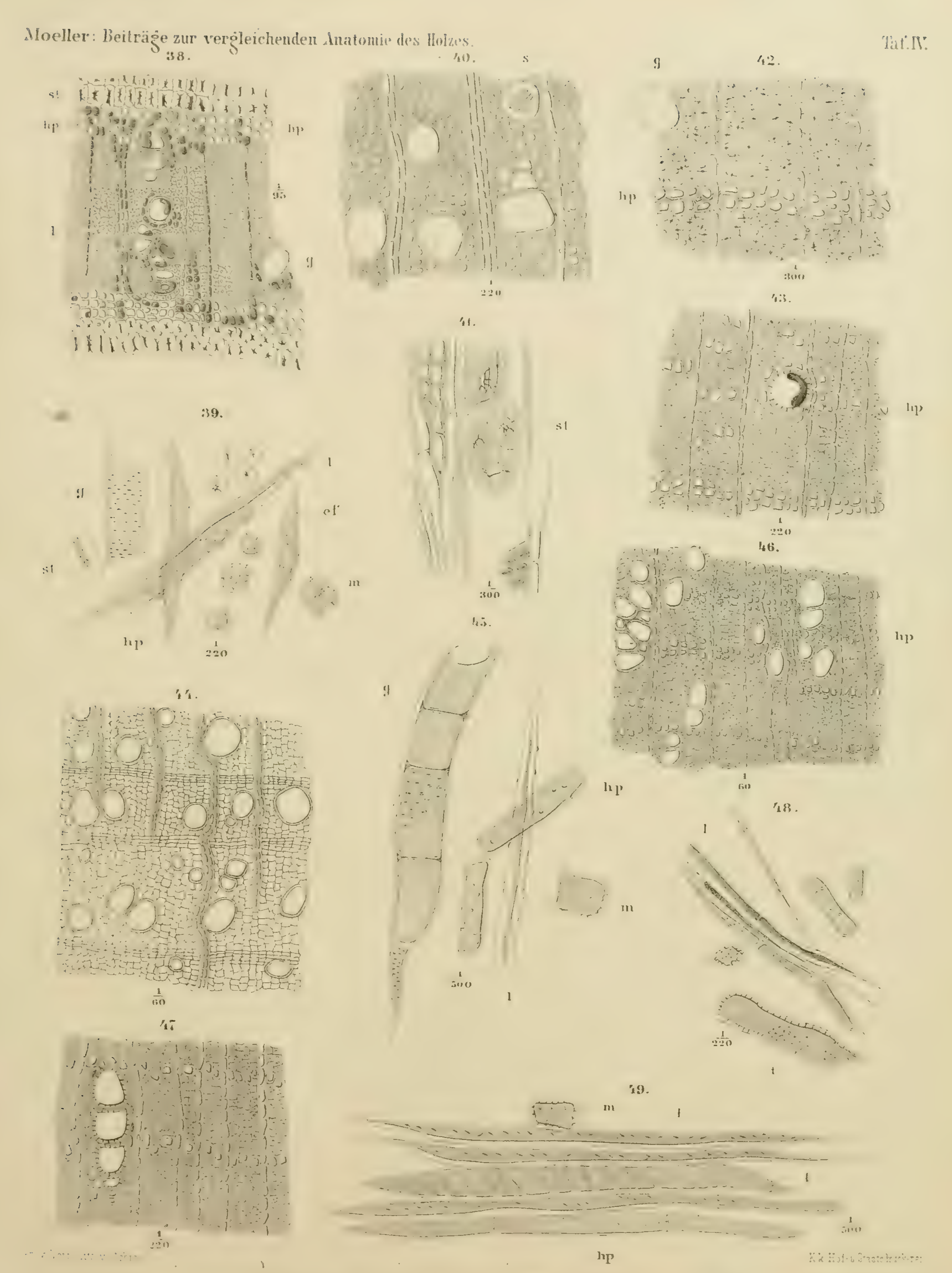
36. m l hp hp hp 1/70

35. 1/220

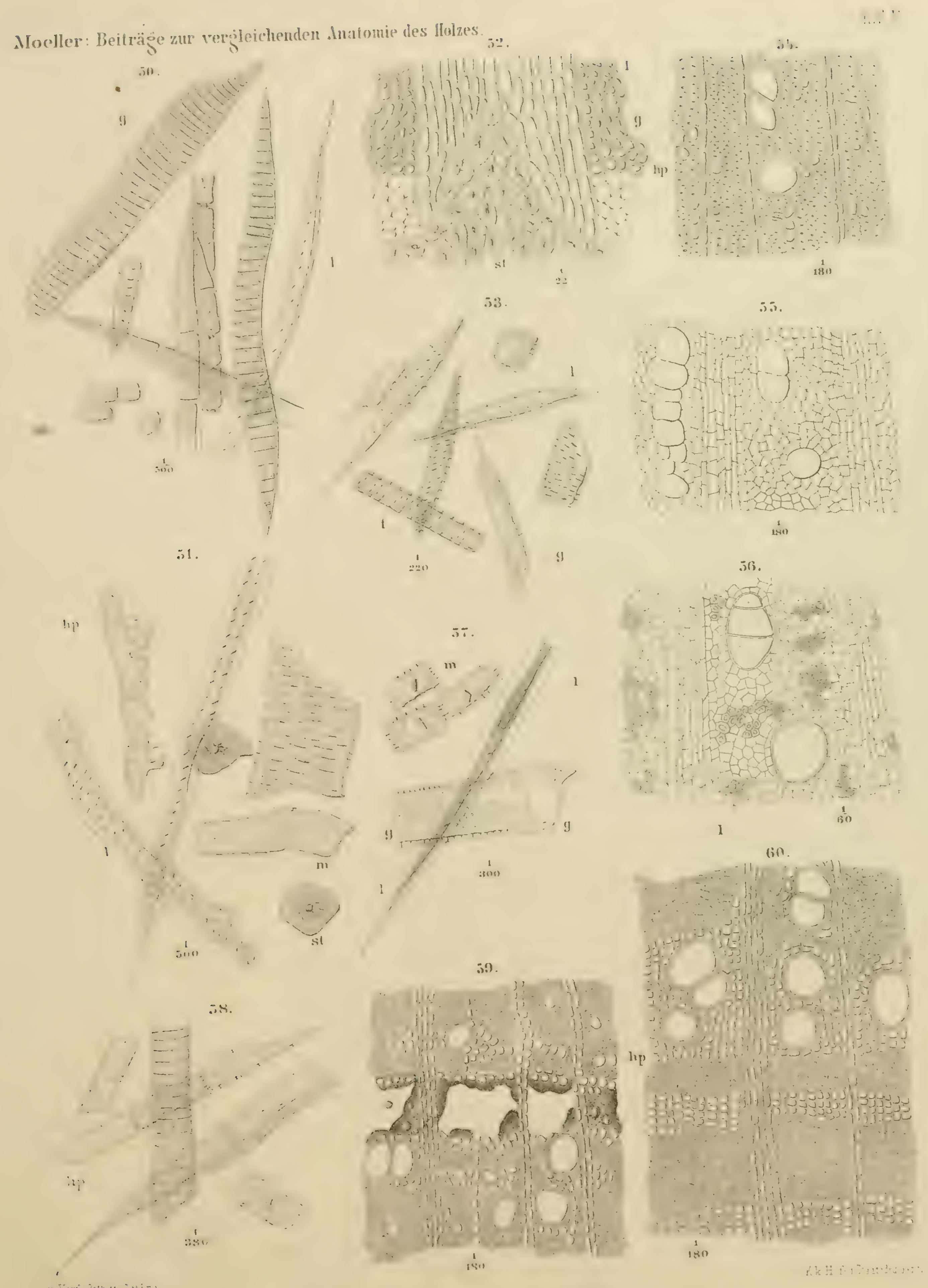
37. hp 1/95

Gez. v. Verf. lith. v. Schima. K.k. Hof- u. Staatsdruckerei




38.
st
hp
hp
1/95
l
g
39.
l
g
ef
st
m
hp
1/220
40.
s
1/220
41.
st
1/300
42.
g
hp
1/300
43.
hp
1/220
44.
1/60
45.
g
hp
m
1/500
l
46.
hp
1/60
47
1/220
48.
l
1/220
t
49.
m
l
t
1/500
hp




50.
g
l
1/500
51.
hp
l
m
st
1/500
52.
l
g
hp
st
1/22
53.
l
t
g
1/220
54.
1/180
55.
1/180
56.
1/60
57.
m
l
g
g
l
1/300
58.
hp
1/380
59.
1/180
60.
hp
1/180





DENKSCHRIFTEN

DER

KAISERLICHEN

AKADEMIE DER WISSENSCHAFTEN.

MATHEMATISCH-NATURWISSENSCHAFTLICHE CLASSE.

SECHSUNDDREISSIGSTER BAND.



MIT 34 TAFELN.

IN COMMISSION BEI KARL GEROLD'S SOHN,
BUCHHÄNDLER DER KAISERLICHEN AKADEMIE DER WISSENSCHAFTEN.





WIEN.

AUS DER KAISERLICH-KÖNIGLICHEN HOF- UND STAATSDRUCKEREI.

1876












SMITHSONIAN INSTITUTION LIBRARIES
3 9088 01354 8870